Министерство нефтяной промышленности
ВНИИСПТнефть

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

М Е Т О Д И К А

УСКОРЕННОЙ ОЦЕНКИ СРОКА СЛУЖБЫ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ КОРРОЗИИ

РД 39-30-1093-84

Уфа 1986

gost.e-ecolog.ru

Министерство нефтяной промышленности

ВНИИСПТнефть

УТВЕРЖДЕН

первым заместителем
министра
В.И.Игревским
20 апреля 1984 г.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА УСКОРЕННОЙ ОЦЕНКИ СРОКА СЛУЖБЫ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ КОРРОЗИИ

РД 39-30-1093-84

"Методика ускоренной оценки срока службы полимерных покрытий для защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии" разработана ВНИИСПТнефть и МИНХ и ГП.

Исполнители: от ВНИИСПТнефть - зам. директора по научной работе к.т.н. Ю.И.Толкачев; зав. отделом защиты металлов от коррозии к.т.н. К.Р.Низамов; зав.лаб. Э.А.Низамов; старший научный сотрудник Е.Т.Родионова; от МИНХ и ГП им. И.М.Губкина - доцент кафедры технологии газонефтяного машиностроения, к.т.н. В.Н.Протасов.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Методика ускоренной оценки срока службы полимерных покрытий для защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии

РД 39-30-1093-84

Вводится впервые

Приказом Министерства нефтяной промышленности от 05.07.84 № 412
срок введения установлен с 01.02.84
срок действия до 01.02.89

Методика рекомендуется научно-исследовательским и производственным организациям Миннефтепрома, занимающимся вопросами коррозии и защиты оборудования в сточных водах промыслов.

Руководящий документ содержит сведения о методах ускоренной сравнительной оценки противокоррозионных свойств и определения ориентировочного срока службы систем покрытий на основе различных лакокрасочных материалов.

Использование данной методики позволяет разработать рекомендации по конкретному применению систем покрытий для защиты оборудования и коммуникаций в системе поддержания пластового давления.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Срок службы покрытий оценивается интервалом времени, в течение которого они выполняют свои функции при воздействии факторов внешней среды. Основной функцией покрытий, применяемых для защиты оборудования от воздействия сточных вод, является предотвращение или торможение коррозионного процесса на поверх-

ности металла под покрытием.

I.2. Для оценки срока службы покрытий необходимо определить время, в течение которого противокоррозионные свойства покрытий достигают предельных значений при воздействии агрессивных сред.

I.3. При определении противокоррозионных свойств покрытий пользуются прямыми и косвенными методами.

При прямых методах оценки определяются непосредственно коррозионные потери массы металла под покрытием. При косвенных методах определяется комплекс свойств покрытия, характеризующих его способность тормозить коррозионный процесс. К указанным свойствам прежде всего относятся его проницаемость по отношению к агрессивной среде, адгезия к металлу.

I.4. Для каждого из этих свойств существуют определенные показатели.

Показателем проницаемости покрытий по отношению к эксплуатационной среде является величина омического сопротивления покрытия.

Показателем адгезии является адгезионная прочность, определяемая различными методами (метод отслаивания, решетчатого надреза и др.). За показатель подпленочной коррозии принята удельная потеря массы металла под покрытием.

I.5. Для каждого из перечисленных показателей существует предельное значение, выход за которое характеризует низкие противокоррозионные свойства покрытия. Омическое сопротивление покрытия после испытаний должно быть не менее 10^3 Ом: адгезионная прочность при отслаивании не менее 60 Н/м; допустимая скорость подпленочной коррозии не должна быть более $(0,05 - 0,1).10^{-4}$ г/см^{2}ч, что соответствует 5 баллу коррозионной стойкости металлов по ГОСТ 13819-68.

I.6. Коррозионные испытания систем покрытий проводятся в соответствии с планом испытаний (ПИ) (приложение I). Результаты испытаний записываются в протокол (приложение 2). Режимы ускоренных коррозионных испытаний выбираются в соответствии с ГОСТ 9.083-78.

2. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

2.I. При проведении окрасочных работ необходимо соблюдать меры предосторожности, изложенные в следующем документе: ГОСТ I2.3.005-75, "Правила и нормы техники безопасности, пожарной безопасности и промышленной санитарии для окрасочных цехов". М.. Изд-во "Машиностроение", I977.

2.2. Большинство лакокрасочных материалов являются пожароопасными и токсичными. Токсичность лакокрасочных материалов определяется свойствами входящих в их состав компонентов. Токсичностью обладает окрасочная аэрозоль, образующаяся при нанесении покрытий. При испытании покрытий могут выделяться остатки растворителей и мономеры. Содержание растворителей и мономеров не должно превышать величин предельно допустимых концентраций, установленных СН 245-7I и дополнениями к ним, издаваемыми Министерством здравоохранения СССР. Предельно-допустимые концентрации токсичных веществ в воздухе приведены в табл. I.

2.3. Содержание производственных помещений, в которых расположена испытательная аппаратура, и рабочих мест должно соответствовать общим требованиям "Инструкции по санитарному содержанию помещений и оборудования производственных предприятий", утвержденной Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения СССР от 3I декабря I966 года, № 658-66, и "Санитарным правилам организации технологических

процессов и гигиенических требований к производственному оборудованию № 1042-73, утвержденным Министерством здравоохранения СССР.

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации токсичных веществ в воздухе *)

Наименование	ПДК в мг/м^3
Ацетон	200
Уайт-спирит	300
Ксилол	50
Толуол	50
Сольвент	100
Бутиловый спирт	200
Бутилацетат	200
Этилцеллозольв	200
Гексаметилендиамин	1
Диэтилентриамин	2

*) Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий - СН245-71.

2.4. Помещения, где проводятся работы с лакокрасочными материалами, должны быть обеспечены противопожарными средствами и общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией.

Приток воздуха в рабочую зону- в соответствии с СН-245-71.

2.5. Все работы по подготовке поверхности, окраске образцов, обработке поверхности металла после испытаний должны проводиться в шкафах с вытяжной вентиляцией.

3. ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ К ИСПЫТАНИЯМ И ОЦЕНКА ИХ КАЧЕСТВА

Образцы для испытаний

3.1. Образцы для испытаний представляют собой стальную фольгу размером 90х120х(0,025÷0,08) мм, на которую нанесена исследуемая система покрытий.

3.2. Подготовка партии образцов к коррозионным испытаниям производится в следующей последовательности:

подготовка поверхности фольги;

окраска образцов;

контроль качества покрытия;

подготовка образцов к испытаниям.

3.3. Подготовка поверхности фольги перед окраской производится в соответствии с ГОСТ 8832-76.

Поверхность фольги должна быть тщательно очищена от загрязнений (жировых и других), ржавчины, окалины.

3.4. Изготовление образцов предусматривает следующие операции:

нарезают фольгу размером 130х110 мм;

обезжиривают поверхность фольги тканью, смоченной уайт-спиритом, бензином или ацетоном, затем вытирают насухо или высушивают;

натягивают фольгу на обезжиренную стеклянную пластину размером 90х120 мм и выравнивают, повторно обезжиривают ватным тампоном, смоченным спиртом;

окрашивают фольгу системой согласно ПИ.

3.5. При окрашивании образцов применяют лакокрасочные материалы одной партии, удовлетворяющие требованиям соответствующей нормативно-технической документации. Способ нанесения по-

крытия, количество слоев, толщина покрытия, режим сушки выбирают согласно принятой в эксплуатации технологии окраски и действующими в отрасли рекомендациями по выбору и применению систем покрытий для защиты нефтепромыслового оборудования от коррозии.

3.6. Образцы с покрытием снимают со стеклянной пластинки и подвергают контро. по следующим параметрам:

толщина покрытия;

пористость покрытия;

внешний вид.

3.7. Толщину покрытия на образце измеряют не менее чем в 5 точках. Ее неравномерность не должна превышать 10% от установленной в ПИ толщине покрытия. Толщину покрытия измеряют микрометром или магнитным толщиномером МТ-30Н.

3.8. Испытываемые покрытия не должны иметь сквозных пор и пузырей. Отсутствие пористости проверяют следующим образом. К образцу пластилином прикрепляют стеклянную кювету (рис. 1), в которую заливают дистиллированную или водопроводную воду, подкисленную соляной кислотой до pH 5-6. При температуре воды плюс $(20\pm5)^{\circ}C$ измеряют электрическое сопротивление покрытия при помощи тераомметра МОМ-4 и других приборов с пределами измерений (10^2+10^{14}) Ом.

Тераомметр присоединяют при помощи двух медных проводов, очищенных на концах от изоляции и продуктов коррозии. Один из них опускают в воду, другой соединяют с металлом образца. Сопротивление измеряют через 2, 15, 60 мин. и через 24 ч.

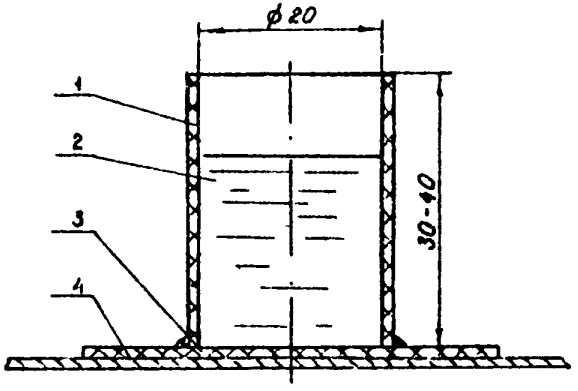
Покрытие считают беспористым, если начальная величина электрического сопротивления больше 10^6 Ом, а ее наибольшее уменьшение в течение 24 ч составляет следующие величины:

для начального сопротивления (10^6+10^7) Ом - 10^3 Ом;

-"- (10^7+10^9) Ом - 10^4 Ом;

-"- (10^9+10^{13}) Ом - 10^5 Ом.

Схема кюветы для замера сопротивления покрытия



I - стеклянная кювета, 2 - агрессивная среда, 3 - полимерное покрытие, 4 - стальная фольга

Рис. I

После проверки на отсутствие пористости кювету снимают, образец освобождают от остатков пластилина.

3.9. При визуальном осмотре на окрашенной поверхности не допускаются пузыри, механическое нарушение покрытия, сморщивание пленки.

3.10. Отобранную для испытаний фольгу с покрытием разрезают на образцы размером 40х45 мм, которые попарно складывают покрытием наружу, как показано на рис. 2. Края обмазывают по всему периметру грунтшпатлевкой ЭП-00-10 толщиной 0,5-0,7 мм и выдерживают при комнатной температуре в течение 48 часов.

Аппаратура, материалы и реактивы

3.11. Для проведения коррозионных испытаний необходимы:

стеклянные кюветы (см. рис. 1);

герметичные стеклянные ячейки (рис. 3);

кассеты (рис. 4);

термостаты воздушные типа Е-005 ГОСТ 24785-81;

весы лабораторные ГОСТ 24104-80Е;

класс точности I, пределы измерения 0÷50,0 г;

толщиномеры (МТ-20Н, МТ-30Н) ГОСТ 22261-78, пределы измерения 0÷2000 мкм;

тераомметры (тип МОМ-4 или Е6-13А) ГОСТ 22261-76, пределы измерения $10 \div 10^{14}$ Ом;

разрывная машина универсальная РМУ, ГОСТ 7855-74, пределы нагружения 0,01÷20 кН. Допустимая погрешность измерения - 1% измеряемой нагрузки;

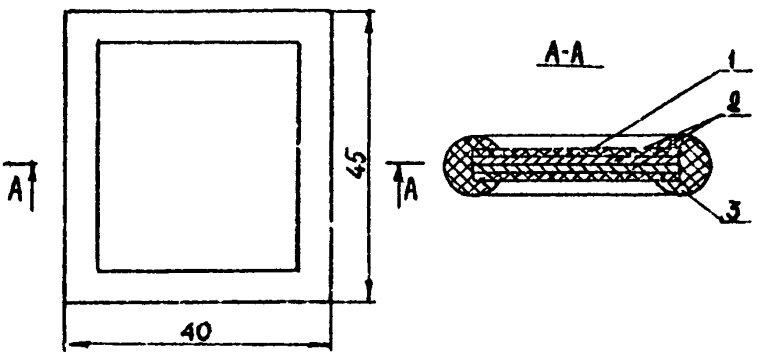
микрометры по ГОСТ 11195-74;

колбы плоскодонные по ГОСТ 25336-82Е емкостью 250-100 мл;

воронки стеклянные по ГОСТ 25336-82Е;

цилиндры измерительные по ГОСТ 1770-74Е емкостью 100-1000 мл;

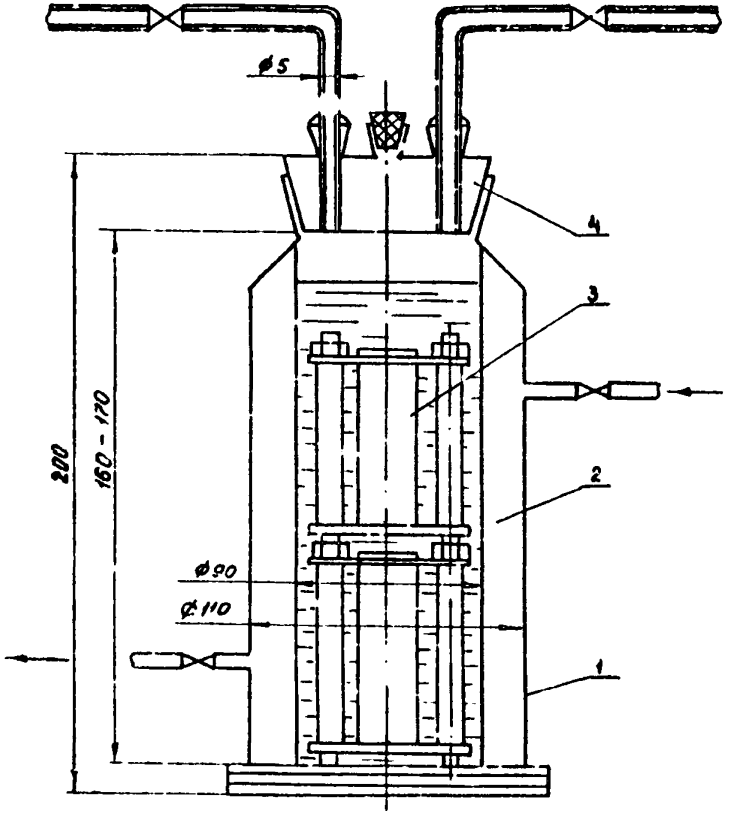
Схема образца для изучения противокоррозионных свойств покрытия



I - полимерное покрытие, 2 - стальная фольга,
3 - изолирующий слой толщиной 0,5-0,7 мм

Рис. 2

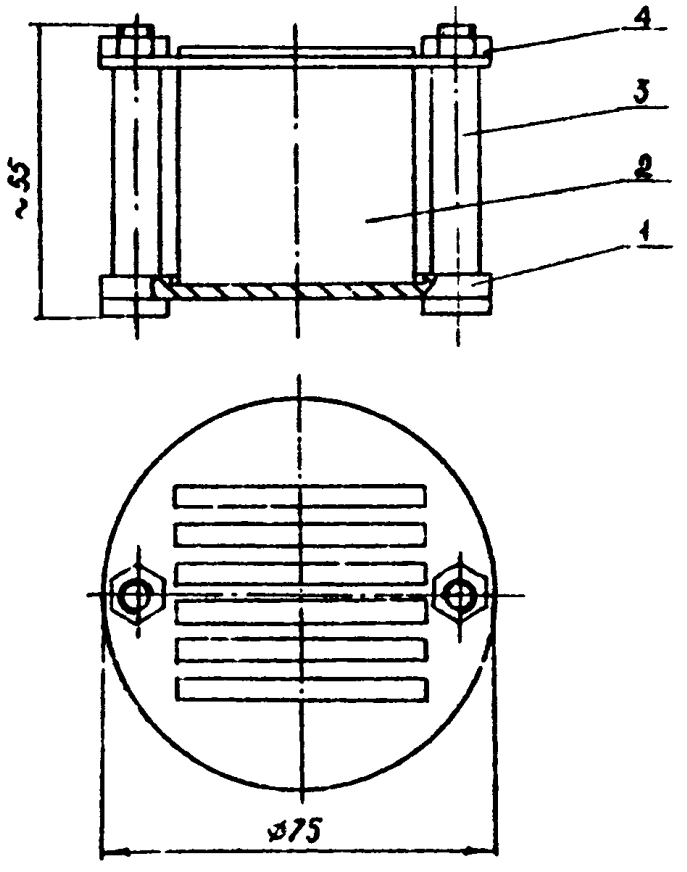
Вид ячейки для испытания образцов



I - корпус, 2 - водяная рубашка, 3 - катушка с образцами, 4 - крышка

Рис. 3

Кассета для испытания образцов



I - основание, 2 - образец, 3 - крепежный винт, 4 - крышка

Рис. 4

вода дистиллированная ГОСТ 6709-72;

кальций сернокислый 2-водный ГОСТ 3210-77;

кальций хлористый безводный ГОСТ 4460-77;

магний хлористый ГОСТ 4209-77;

натрий хлористый ГОСТ 4233-77;

уайт-спирит (бензин-растворитель) ГОСТ 3134-78;

кисть мягкая колонковая;

лезвие бритвенное или ножницы;

линейка металлическая;

резинка чернильная;

фотопластины размером 90х120 мм ГОСТ 683-75;

фольга стальная толщиной 0,025:0,08 ГОСТ 2284-79.

Агрессивные среды

3.12. В качестве агрессивных сред используют непосредственно сточную воду конкретного нефтяного месторождения, а также модельные растворы, отвечающие по составу наиболее распространенным сточным водам нефтяных месторождений страны.

3.13. Модельный раствор для коррозионных испытаний содержит, г/л:

сернокислый кальций 2-водный	- 1,4
хлористый кальций 2-водный	- 23
хлористый натрий	- 144
хлористый магний 6-водный	- 22
уайт-спирит*)	- 0,5
деэмульгатор (водорастворимые неионогенные ПАВ)*).	

*) Растворитель уайт-спирит и деэмульгатор добавляют в раствор солей непосредственно перед началом испытаний. В качестве деэмульгаторов можно использовать ПАВ диссольван 4411, диссольван 1490, сепарол 5014, доуфакс, Х-2647, сепарол 25 и др.

Плотность этого раствора определяется с помощью стеклянного денсиметра и должно находиться в пределах (I,I2±0,02)г/см^3.

Для приготовления рабочего раствора необходимо растворить указанные соли в дистиллированной воде и довести объем до I л. Этот раствор в среднем содержит 4-5 мг/л кислорода.

3.I4. Отбор пробы сточной воды перед испытанием производят с нагнетательных линий насосов очистных сооружений при стабильном технологическом режиме установки по подготовке воды. Пробу отбирают в условиях, исключающих контакт отбираемой пробы с кислородом воздуха, для чего емкость заполняют сточной водой через трубку, опущенную до дна. Первые порции отбираемой пробы вытесняются последующими, не контактировавшими с воздухом.

4. ОЦЕНКА ПРОТИВОКОРРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ

4.I. За показатели противокоррозионных свойств покрытий приняты:

удельная коррозионная потеря массы фольги под покрытием;

величина омического сопротивления покрытия;

адгезия покрытия к стальной фольге.

4.2. Испытание противокоррозионных свойств систем покрытий проводят при нескольких значениях температур агрессивной среды. Рекомендуемая температура испытаний для системы покрытий, работающих в сточных водах - 40, 60, 80 °С.

4.3. По каждому значению температуры проводят две серии испытаний и определяют зависимости:

$$\begin{aligned} &\ln \tau_g = f_1(T); \\ &\ln \tau_{нк} = f_2(T); \\ &\ln V = f_3(T); \end{aligned} \qquad C = const, \qquad (I)$$

где τ_g - время достижения предельного значения показателя, ч;

$\tau_{н.к.}$ - продолжительность испытаний до начала коррозии металла под покрытием, ч;

V - скорость коррозии металла под покрытием, г/см^{2}ч;

T - температура агрессивной среды, ^{0}К;

C - концентрация агрессивной среды, % мас.

Проведение испытаний

4.4. Для коррозионных испытаний используются стеклянные ячейки (см.рис.3). Образцы размещаются в кассету по 6 штук (см. рис. 4) и кассета загружается в ячейку. Образцы должны быть полностью погружены в агрессивную среду. Для исключения влияния накапливающихся продуктов разложения покрытий агрессивная среда в процессе испытаний должна заменяться не реже одного раза в I2 дней.

4.5. Агрессивную среду разливают по ячейкам, и ячейки с образцами соединяют с термостатом или устанавливают в термостат (в зависимости от типа или марки последнего). В термостате устанавливают заданную температуру. Началом испытаний считают время, когда в термостате установится заданная температура испытаний.

4.6. При общей продолжительности испытаний, равной пяти суткам, испытания проводят непрерывно. При продолжительности испытаний более пяти суток допускаются перерывы. Суммарная длительность перерывов должна составлять не более I7% от общей продолжительности испытаний. При расчетах время испытаний увеличивается на I7%.

4.7. По истечении заданного времени испытаний термостат отключают, охлаждают до температуры помещения, образцы вынимают из ячейки, высушивают фильтровальной бумагой, производят

визуальный осмотр покрытия. Затем измеряют сопротивление покрытия, определяют адгезионную прочность и коррозионную потерю массы.

Определение показателей противокоррозионных свойств испытаний

4.8. Оценка показателей противокоррозионных свойств покрытий производится в исходном состоянии и через определенные промежутки времени: I0, 50, I00, 200, 250, 300, 350, 400, 500ч. Численное значение показателя устанавливается на основании повторных измерений. Число измерений устанавливается по приложению 3.

4.9. Исходное значение показателей определяется на окрашенном образце размером I30xII0x(0,025+0,08) мм.

4.I0. Определение сопротивления покрытия производится следующим образом. К образцу пластилином прикрепляется стеклянная кювета (см.рис.I). В кювету заливается выбранная агрессивная среда. При температуре среды (20±5) ^{0}C измеряется омическое сопротивление покрытия при помощи тераомметра типа Е6-I3А или МОМ-4. Сопротивление измеряют через I5 мин. после заполнения кюветы агрессивной средой.

Тераомметр присоединяют к образцу согласно п. 3.8.

В таблицу испытаний (прил. 2) заносят результаты не менее 5 измерений, при каждом измерении изменяя положение кюветы на покрытии.

4.II. Определив омическое сопротивление, кювету снимают, образец освобождают от остатков пластилина, обрезают фольгу, оставляя образец с покрытием размером 90xI20 мм. Образец 90x уI20 мм разрезают на полоски размером 90xI0 мм, две крайние отбрасывают и на оставшихся I0 образцах определяют адгезию.

4.I2. Адгезионную прочность покрытия к фольге определяют отслаиванием фольги от покрытия с измерением необходимого для этого усилия на разрывной машине по ГОСТ I5I40-78. Результаты измерений записывают в производных единицах - Н/м.

4.I3. Массу фольги образца с покрытием до коррозионных испытаний определяют расчетным путем, зная плотность стальной фольги ρ г/см^3, площадь фольги под покрытием S см^2 и толщину фольги δ см. Расчет приведен в приложении 4.

4.I4. После определения показателей в исходном состоянии образцы подвергают испытанию в соответствии с (ПИ).

4.I5. Определение показателей противокоррозионных свойств покрытий после коррозионных испытаний производится в следующей последовательности: сдвоенные образцы разделяются по окантовке ножом или скальпелем, обрезается окантовка, оставляя пластины размером (35±3) х (43±2) мм.

4.I6. На пластинах (35±3) х (42±2) мм один из углов очищают от покрытия для определения омического сопротивления. Сопротивление измеряют в соответствии с п. 4.I0.

4.I7 После определения омического сопротивления кюветы снимают, удаляют остатки пластилина, каждую пластину разрезают на 3 полоски размером I0х40 мм, на которых определяют адгезионную прочность в соответствии с п. 4.I2.

Обработка результатов измерений

4.I8. При определении адгезии, сопротивления покрытия, удельной коррозионной потери массы наблюдается значительный разброс результатов. Этот разброс вызывается рядом факторов, связанных с непостоянством свойств испытываемых материалов, качества изготовления образцов, условий проведения отдельных опытов и неоднородностью структуры материалов, т.е. рассеивание результатов

испытаний связано с их статистической природой, оно не может быть устранено никаким улучшением качества изготовления образцов и методики испытаний. Возникает необходимость применения статистических методов обработки результатов испытаний.

4.19. Обработку результатов измерений и нахождение зависимостей противокоррозионных свойств покрытий от времени испытаний производят в следующем порядке.

4.19.1. Вычисляют среднее значение из n измерений:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} y_i . \qquad (2)$$

4.19.2. Находят погрешности отдельных измерений:

$$\Delta y_i = \bar{y} - y_i . \qquad (3)$$

4.19.3. Вычисляют квадрат погрешностей отдельных измерений:

$$(\Delta y_i)^2 = (\bar{y} - y_i)^2 . \qquad (4)$$

4.19.4. Если отдельные измерения резко отличаются от остальных, то проверяют, не являются ли они грубой ошибкой (промахом). Для этого вычисляют среднее квадратичное отклонение отдельного измерения $S_к$

$$S_к = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (\bar{y} - y_i)^2 / n} \qquad (5)$$

и относительное отклонение для i-го определения

$$\gamma_i = \frac{y_i - \bar{y}}{S_к \sqrt{\frac{n-1}{n}}} \qquad (6)$$

Если вычисленное значение γ_i для любого i-го измерения не превосходит по абсолютной величине табличного значения $\gamma_т$ для выбранного уровня значимости (принимают 0,05) и числа степеней свободы $f = n-2$ (табл. 2), то принимается гипотеза об однородности результатов измерений. В противном случае оцениваемый результат исключается из дальнейших расчетов.

Таблица 2

Значение γ_T для уровня значимости 0,05

Число степеней свободы	1	2	3	4	5	6	7	8
γ_T	1,412	1,689	1,869	1,996	2,093	2,172	2,237	2,4

4.19.5. Определяют среднюю квадратичную погрешность результата серии измерений $S\bar{y}$:

$$S\bar{y} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \Delta y^2 / n(n-1)} \quad (7)$$

Примечание: Рассчитывать среднюю квадратичную погрешность измерений, число которых менее 4, нецелесообразно. В этом случае пользуются средней арифметической погрешностью.

4.19.6. Задают значение надежности $\alpha = 0,95$ (практикой доказано, что данная величина является достаточной характеристикой точности измерения).

4.19.7. По табл. 3 определяют коэффициент Стьюдента для заданной надежности α, числа произведенных измерений n.

Таблица 3

Значение критерия Стьюдента $t_{\alpha n}$

Число степеней свободы	1	2	3	4	5	6	7	8
$t_{\alpha n}$	12,71	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,36	2,3

4.19.8. Точность определения параметра при уровне надежности $\alpha = 0,95$ рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{разб} = t_{\alpha n} \cdot S\bar{y}.$$

4.19.9. В таблицу (прил. 5) записывают окончательное зна-

чение параметра в виде доверительного интервала:

$$y=\bar{y}\pm\Delta y_{разб}.$$

4.20. Зависимости показателей противокоррозионных свойств покрытий от времени испытаний при постоянной температуре описываются уравнениями вида :

$$\sigma_\tau=A_\sigma\exp(\alpha_\sigma\tau_i+\beta_\sigma\tau_i^2)\ ; \qquad (10)$$

$$R_\tau=A_R\exp(\alpha_R\tau_i+\beta_R\tau_i^2)\ ; \qquad (11)$$

$$\frac{\Delta m}{S}=C_m(\tau_i-\tau_{н.к}). \qquad (12)$$

где σ_τ – адгезионная прочность покрытия к фольге, определенная методом отслаивания фольги от покрытия, Н/м;

R_τ – омическое сопротивление покрытия, Ом;

τ_i – время выдержки покрытия в агрессивной среде, ч;

$A_\sigma,\alpha_\sigma,\beta_\sigma$ коэффициенты, определяемые экспериментально, зависят C_m,A_R,α_R,β_R от температуры и от типа среды;

$\frac{\Delta m}{S}$ – удельная коррозионная потеря массы фольги, г/см^2;

$\tau_{н.к}$ – время начала коррозии под покрытием, ч .

Нахождение зависимостей противокоррозионных свойств покрытий от времени испытаний сводится к определению коэффициентов ($A_\sigma,A_R,\alpha_\sigma,\alpha_R;\beta_\sigma;\beta_R;C_m$).

4.21. Для определения коэффициентов используют метод наименьших квадратов.

4.21.1. Выражают уравнение (10) или (11) в логарифмической форме:

$$\ln\sigma_\tau=\ln A_\sigma+\alpha_\sigma\tau_i+\beta_\sigma\tau_i^2. \qquad (13)$$

Обозначив $\ln\sigma_\tau=y_{i\,эм};\ \ln A_\sigma=B_\sigma$, имеем

$$y_{i\,эм}=B_\sigma+\alpha_\sigma\tau_i+\beta_\sigma\tau_i^2\ . \qquad (14)$$

4.21.2. Для определения коэффициентов β_σ, α_σ. B_σ решают систему трех уравнений :

$$n B_6 + \alpha_6 \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i + \beta_6 \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i^2 = \sum_{i=1}^{i=n} y_i \quad ; \qquad (15)$$

$$B_6 \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i + \alpha_6 \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i^2 + \beta_6 \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i^3 = \sum_{i=1}^{i=n} y_i \tau_i^1 ; \qquad (16)$$

$$\beta_6 \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i^2 + \alpha_6 \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i^3 + \beta_6 \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i^4 = \sum_{i=1}^{i=n} y_i \tau_i^2 , \qquad (17)$$

где n - число экспериментальных точек (по времени).

Вывод указанных уравнений приведен в приложении 6.

4.21.3. Вычисленные значения величин $\sum_{i=1}^{i=n} \tau_i$; $\sum_{i=1}^{i=n} \tau_i^2$; $\sum_{i=1}^{i=n} \tau_i^3$; $\sum_{i=1}^{i=n} y_i$; $\sum_{i=1}^{i=n} y_i \tau_i$; $\sum_{i=1}^{i=n} y_i \tau_i^2$; α_6; β_6; B_6 записывают в таблицу (прил. 7).

4.21.4. Коэффициент C_m рассчитывают по формулам:

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\tau_i - \bar{\tau}) y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} (\tau_i - \bar{\tau})^2} \quad ; \qquad (18)$$

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_{i=1}^{K} \tau_i}{K} , \qquad (19)$$

где K - количество измерений, взятых из n измерений в расчет после статистической обработки;

$\sum_{i=1}^{K} (\tau_i - \bar{\tau}) y_i$ - среднеарифметическое значение параметра с учетом погрешности продолжительности воздействия агрессивной среды;

y_i - значение коррозионных потерь массы за время τ_i ($г/см^2$);

$\bar{\tau}$ - среднеарифметическая длительность воздействия агрессивной среды, ч .

4.22. Зависимости (см. формулы 10-12) необходимо получить для каждой температуры испытаний.

4.23. Обработка экспериментальных данных приведена в приложении 7.

5. ОЦЕНКА СРОКА СЛУЖБЫ ПОКРЫТИЙ

5.I. Оценка срока службы систем покрытий производится по скорости изменения противокоррозионных свойств покрытия во времени. За нарушение функций покрытий принимается предельное значение выбранных для расчета параметров в соответствии п. I.5.

5.2. Зависимости применения адгезионной прочности, омического сопротивления и подпленочной коррозии во времени при различных температурах описываются уравнениями (I0-I2).

5.3. Значения срока службы покрытия по изменению показателей противокоррозионных свойств (τ_g) определяют при предельном значении адгезионной прочности ($\sigma_{пр}$ = 60 Н/м) и омического сопротивления покрытий ($R_{пр}$ = $I0^3$ Ом) в виде корней уравнений:

$$\ln \sigma_{пр} = B_\sigma + \alpha_\sigma \tau + \beta_\sigma \tau^2 \; ; \qquad (20)$$

$$\ln \sigma_{пр} = B_R + \alpha_R \tau + \beta_R \tau^2 \; . \qquad (21)$$

5.4. Для каждой температуры испытаний строим графики зависимости срока службы покрытия от изменения противокоррозионных свойств покрытия в координатах " $\ln \tau_g ; \frac{1}{T}$ ".

По оси ординат откладывают $\ln$ срока службы системы покрытия для каждой температуры, определенной по уравнениям (20-2I), по оси абцисс - обратную температуру испытаний покрытий в градусах К ($T = 273{,}2^0 + t^0$ испыт.).

5.5. Срок службы системы покрытия при температуре эксплуатации определяется по формуле:

$$\tau_э = \tau_{изв} \cdot e^{tg\beta \left(\frac{1}{T_{изв}} - \frac{1}{T_э}\right)} \; , \qquad (22)$$

где $\tau_э$ - срок службы покрытия при температуре эксплуатации, ч;

$\tau_{изв}$ - срок службы покрытия при одной из температур испытаний, ч;

$T_э$ - температура эксплуатации, ^{0}К;

$T_{изб}$ - температура испытаний, °К;

$tg\beta$ - тангенс угла наклона прямой "$ln\tau_g; \frac{1}{T}$" к оси абцисс.

5.6. Определив срок службы системы покрытий по изменению адгезионной прочности, омического сопротивления покрытий при температуре эксплуатации, сравнивают между собой полученные значения. За величину срока службы принимают наименьшее из них.

5.7. При оценке срока службы систем покрытий по величине коррозионных потерь металла применяется следующая формула:

$$\tau_g = \tau_{н.к.} + \frac{\Delta m_{max}}{S} \varphi \cdot \frac{1}{V} \quad , \qquad (23)$$

где τ_g - срок службы системы покрытия, ч;

$\tau_{н.к.}$ - время начала коррозии при температуре эксплуатации, ч;

$\frac{\Delta m}{S} max_{\varphi}$ - максимальная потеря массы, полученная экспериментально при разрушении покрытия, г/см^2;

V - скорость коррозии под исследуемым покрытием при температуре эксплуатации, г/см^{2}ч.

5.8. Величина $\tau_{н.к.}$ определяется из уравнения (I2) по следующей формуле:

$$\tau_{н.к.} = \frac{C_m \cdot \tau - \frac{\Delta m}{S}}{C_m} \quad . \qquad (24)$$

При испытании покрытий при различных температурах получаем несколько значений $\tau_{н.к.}$.

Для определения величины $\tau_{н.к}$ при температуре эксплуатации строим график зависимости времени начала коррозии стали под покрытием от абсолютной температуры ($\frac{1}{T}$) и определяем $\tau_{н.к.}$ при температуре эксплуатации в соответствии с пунктом 5.5.

5.9. Скорость коррозии металла под покрытием (V) при температуре эксплуатации определяется следующим образом.

В уравнении (I2) коэффициент C_m представляет собой усредненную скорость коррозии металла под покрытием для каждого

режима испытаний.

Строится зависимость скорости коррозии от температуры испытаний. Скорость коррозии при температуре эксплуатации находится экстраполяцией в область рабочих температур.

5.10. Ориентировочный срок службы системы покрытий толщиной d мкм вычисляется по формуле:

$$\tau_{oz} = \frac{\tau_g}{d - d_{kp}}, \qquad (25)$$

где τ_{oz} - ориентировочный срок службы покрытия, ч;

τ_g - значение срока службы покрытия, определенное по одному из показателей при температуре эксплуатации, ч;

d_{kp} - критическая толщина покрытия, см.

Примечание: Под критической толщиной понимается средняя величина минимальной толщины покрытия, при которой отсутствует сквозная пористость покрытия.

Приложение I

ПЛАН ИСПЫТАНИЙ

I. Цель испытаний (выбор системы покрытий, параметров технологического процесса).

2. Защищаемое оборудование или защищаемый металл.

3. Характеристика агрессивной среды в условиях эксплуатации.

4. Испытуемое покрытие (системы покрытия).

5. Технология нанесения покрытия (подготовка поверхности, метод нанесения покрытия, режим сушки).

6. Характеристика лакокрасочного материала (наименование, изготовитель, партия).

7. Метод испытаний (изменение противокоррозионных свойств).

8. Режимы испытаний.

9. Количество образцов по каждому режиму.

I0. Периодичность замера.

Приложение 2

Форма протокола лабораторных испытаний систем покрытий для определения срока службы

Режим испытаний: T °С, C = ... % масс

Исследуемая система	Количество слоев	Суммарная толщина покрытия, мкм	Номер образца	Исходные данные: начальная масса образца, m_c, г	Исходные данные: начальное сопротивление об-ца R_o, Ом	Исходные данные: Адгезия, Н/м	Длительность воздействия агрессивной среды τ, ч	Изменение характеристик после испытаний: масса об-ца г m_i	сопротивление об-ца R_i, Ом	адгезия, Н/м	потери массы, Δm, г	ΔR_i Ом	Скорость коррозии, г/см²·ч

Зав. лабораторией

Ответственный исполнитель

Лаборант

Приложение 3

Справочное

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО ЧИСЛА ОБРАЗЦОВ

1. Метод определения необходимого числа образцов основан на зависимостях между теоретической дисперсией распределения и наблюдаемом в реальных условиях размахом выходного параметра.

2. Проводится две серии установочных опытов с разным количеством измерений n. Значения измеренного параметра располагаются в вариационный ряд по мере возрастания измеренного параметра.

3. Подсчитывается значение

$$t = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{W_{n_1} + W_{n_2}}, \qquad (1)$$

где t - псевдо- t - критерий (при заданной доверительной вероятности P числа опытов n_i);

W_{n_1}, W_{n_2} - размахи варьирования значений измеряемой величины;

$\bar{y}_1, \bar{y}_2$ - усредненное значение параметра при n образцов для каждой серии.

Значение размаха варьирования определяется

$$W_n = y_{max} - y_{min}, \qquad (2)$$

т.е. разность между наибольшим и наименьшим значением параметра в вариационном ряду.

Найденное значение t сравнивается с теоретической величиной $t(P, n_i)$ таблицы.

Значение псевдо- t-критерия

Доверительная вероятность	Количество образцов					
	3	4	5	6	7	8
P = 0,99	0,87	0,63	0,45	0,36	0,30	0,26
P = 0,95	0,785	0,52	0,405	0,3I	0,26	0,22
P = 0,90	0,70	0,4I	0,32	0,26	0,22	0,I8

Если $t < t_{табл.}(P, n_i)$, то различие между сравниваемыми величинами является статистически незначительным.

Для проведения дальнейших экспериментов задается выбранным количество опытов n.

Приложение 4
Справочное

РАСЧЕТ МАССЫ ФОЛЬГИ

Плотность стальной фольги определяют на образцах из одной партии следующим образом:

10 полос фольги без покрытия размером 10х90 мм очищают от загрязнений, продуктов коррозии, взвешивают на аналитических весах 4-го класса, определяют площадь фольги и микрометром замеряют среднюю толщину фольги.

Плотность стальной фольги рассчитывают по формуле:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{10} m_i}{\sum_{i=1}^{10} S_i \delta} , \qquad (1)$$

где $\sum_{i=1}^{10} m_i$ - масса 10 образцов, г;

$\sum_{i=1}^{10} S_i$ - площадь 10 образцов, $см^2$;

ρ - плотность стальной фольги, $г/см^3$.

Зная плотность фольги и площадь образцов, изготовленных из этой партии фольги; рассчитываем m_o г :

$$m_o = \rho \cdot S \cdot \delta . \qquad (2)$$

При этом необходимо соблюдать условия, чтобы способ подготовки поверхности фольги при определении ρ был идентичен подготовке поверхности фольги перед нанесением покрытия.

Определение потери массы фольги в процессе коррозионных испытаний.

После определения адгезии проверяют полноту отделения покрытия от фольги. Остатки покрытия с фольги удаляют соответствующим растворителем или механически (например, чернильной резинкой). Образец обезжиривают спиртом и взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0002 г.

Коррозионные потери массы за время τ определяют по формуле:

$$\frac{\Delta m}{S} = \frac{m_0 - m_\tau}{S}, \qquad (3)$$

где m_0 - масса фольги исходная, г;

m_τ - масса фольги после испытания, г;

S - площадь фольги, $см^2$;

$\frac{\Delta m}{S}$ - коррозионные потери массы за время τ, $г/см^2$.

Результаты замеров заносят в протокол испытаний (см. прил. 2).

Приложение 5

Результаты статистической обработки измерений

Режим испытаний и системы покрытия	Время испытания	Результаты обработки					
		$\bar{y}$	Δy	S_K	$S_{\bar{y}}$	$\Delta y_{раз}$	$y = \bar{y} \pm \Delta y_{разб.}$

Приложение 6

Справочное

РАСЧЕТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ B, α, β

I. Расчет приведен для определения коэффициентов $\alpha_б, \beta_б, B_б$ по изменению адгезионных свойств покрытия. Аналогичные уравнения используются при расчете коэффициентов по изменению омического сопротивления покрытий.

2. Математическая зависимость применения во времени адгезионных свойств покрытий при испытании в агрессивных средах описывается уравнением вида:

$$б_\tau = A \exp\left(\alpha_б \tau_i + \beta_б \tau_i^2\right), \qquad (I)$$

где $б_\tau$ - адгезионная прочность, Н/м;

τ_i - время выдержки в среде, ч.

3. Для определения коэффициентов $A_б, \alpha_б, \beta_б$ используется метод наименьших квадратов. В логарифмической форме уравнение (I) выражается в следующем виде:

$$\ln б_i = \ln A_б + \alpha_б \tau + \beta_б \tau_i^2 .$$

4. Обозначим $\ln \tau_i = y_{i\,эк}$; $\ln A_2 = B_б$; отклонение экспериментальных значений величины y_i от значений $y_{i\,эк}$, вычисленных по формуле, через Δ_i , тогда

$$\Delta_i \; B_б + \alpha_б \tau_i + \beta_б \tau_{i,}^2 - y_i . \qquad (2)$$

5. В уравнение (2) входят коэффициенты $B_б, \alpha_б, \beta_б$. По методу наименьших квадратов эти коэффициенты определяются из требования минимальности выражения:

$$S = \sum_{i=1}^{n} \left(B_б + \alpha_б \tau_i + \beta_б \tau_i^2 - y_i\right), \qquad (3)$$

где n - число экспериментальных точек (время);

S - сумма квадратов погрешностей отдельных измерений (Δi) при каждом времени испытаний.

6. S рассматривают как функцию, зависящую от B, α, β . В точках минимума должно соблюдаться условие:

$$\frac{\partial S}{\partial B} = 0 ; \quad \frac{\partial S}{\partial \alpha} = 0 ; \quad \frac{\partial S}{\partial \beta} = 0 , \text{ т.е.}$$

$$\frac{\partial S}{\partial B} = 2 \sum_{i=1}^{n} (B_6 + \alpha_6 \tau + \beta_6 \tau_i^2 - y_i) ; \tag{4}$$

$$\frac{\partial S}{\partial \alpha} = 2 \sum_{i=1}^{n} (B_6 + \alpha_6 \tau_i + \beta_6 \tau_i^2 - y_i) \tau_i ; \tag{5}$$

$$\frac{\partial S}{\partial \beta} = 2 \sum_{i=1}^{n} (B_6 + \alpha_6 \tau_i + \beta_6 \tau_i^2 - y_i) \tau_i^2 . \tag{6}$$

Приравнивая производные нулю и раскрывая скобки, получим систему трех уравнений для определения B_6, α_6, β_6:

$$n B_6 + \alpha_6 \sum_{i=1}^{n} \tau_i + \beta_6 \sum_{i=1}^{n} \tau_i^2 = \sum_{i=1}^{n} y_i ;$$

$$B_6 \sum_{i=1}^{n} \tau_i + \alpha_6 \sum_{i=1}^{n} \tau_i^2 + \beta_6 \sum_{i=1}^{n} \tau_i^3 = \sum_{i=1}^{n} y_i \tau_i ;$$

$$B_6 \sum_{i=1}^{n} \tau_i^2 + \alpha_6 \sum_{i=1}^{n} \tau_i^3 + \beta_6 \sum_{i=1}^{n} \tau_i^4 = \sum_{i=1}^{n} y_i \tau_i^2 .$$

Приложение 7

Справочное

ПРИМЕР ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СРОКА СЛУЖБЫ ПОКРЫТИЯ

Для ускоренной оценки срока службы покрытия проведены испытания покрытия грунтшпатлевки ЭП-0010 толщиной 150±10 мкм в модельном растворе сточной воды при температурах 40, 60, 80 °С. Время испытания 0÷500 часов. Покрытие нанесено на стальную фольгу 0,025 мм. Установлено, что критическая толщина покрытия ЭП-00-10 равна 50 мкм.

Определение необходимого числа образцов

В соответствии с приложением 3 определим необходимое количество образцов при измерении адгезионной прочности покрытия. В табл. 1 приведены результаты расчета.

Таблица 1

Определение необходимого количества образцов

Кол-во образцов	Вариационный ряд	Значение расчетных параметров					
5-I серия	600; 600; 610; 620; 620;	609	-	20	-	0,62	3÷7
5-II серия	680; 640; 650; 650; 670;	648	648	-	40		
8-I серия	600; 600; 610; 620; 630;						
	640; 650; 660;	627,5	-	70	-		
8-II серия	600; 630; 650; 650; 670;						
	680; 700; 800	672,5	-	100	0,265		

Сравнивая полученные значения псевдо- t -критерия (l = 0,265÷0,62) с табличными, определяем, что количество образцов должно быть в пределах 3÷7.

Результаты измерений приведены в табл. 2. Обработка экспериментальных данных произведена в соответствии с разделами 4 и 5 методики.

Определение срока службы покрытия по изменению адгезионной прочности

Ниже приведен порядок расчета экспериментальных данных в исходном состоянии.

I. Определение среднего значения адгезионной прочности ($\bar{б}$):

$$\bar{б} = \frac{600+600+610+620+620+630+640+650+650+670}{10} = 629 \text{ Н/м} .$$

2. Определение погрешностей отдельных измерений :

$\Delta б_1 = 629 - 600 = 29$

$\Delta б_2 = 629 - 600 = 29$

$\Delta б_3 = 629 - 610 = 19$

$\Delta б_4 = 629 - 620 = 9$

$\Delta б_5 = 629 - 620 = 9$

$\Delta б_6 = 629 - 630 = -1$

$\Delta б_7 = 629 - 640 = -11$

$\Delta б_8 = 629 - 650 = -21$

$\Delta б_9 = 629 - 650 = -21$

$\Delta б_{10} = 629 - 670 = -41$

3. Вычисление квадрата погрешностей отдельных измерений:

$(\Delta б_1)^2 = 841$

$(\Delta б_2)^2 = 841$

$(\Delta б_3)^2 = 361$

$(\Delta б_4)^2 = 81$

$(\Delta б_5)^2 = 81$
$(\Delta б_6)^2 = 1$
$(\Delta б_7)^2 = 121$
$(\Delta б_8)^2 = 441$
$(\Delta б_9)^2 = 441$
$(\Delta б_{10})^2 = 1681$

4. Вычисление среднеквадратичного отклонения отдельного измерения $S_к$ Н^I/м:

$$S_к = \sqrt{\frac{841+841+361+81+81+1+121+441+441+1681}{10-1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{4890}{9}} = \sqrt{543,3} = 23,35 .$$

5. Вычисление относительного отклонения γ_i для i-го определения:

$$\gamma_i = \frac{б_i - \bar{б}}{S_к \sqrt{\frac{n-1}{n}}} .$$

Определим γ для 1, 2, 10 измерения, так как погрешность измерений $\Delta б_1$; $\Delta б_2$; $\Delta б_{10}$ больше среднеквадратичного отклонения:

$$\gamma_1 = \gamma_2 = \frac{29}{23,3 \sqrt{\frac{10-1}{10}}} = \frac{29}{23,3 \cdot 0,95} = 1,31 ;$$

$$\gamma_{10} = \frac{41}{23,3 \cdot 0,95} = 1,852 .$$

Сравним полученные значения γ_1 ; γ_2 ; γ_{10} с табличным значением $\gamma_т$. $\gamma_т$ при числе степеней свободы, равном 8 (n - 2), равен 2,4.

Значения γ_1 ; γ_2 ; γ_{10} не превосходит $\gamma_т$, следовательно, все значения $\Delta б_i$ принимаются в расчет.

6. Определение средней квадратичной погрешности серии из-

мерений:

$$S_{\bar{\sigma}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \Delta\sigma_i^2 / n(n-1)} \ ;$$

$$S_{\bar{\sigma}} = \sqrt{\frac{4890}{10 \cdot 9}} = \sqrt{54{,}33} = 7{,}37 \ .$$

7. Определение границы доверительного интервала:

$$\Delta\sigma_{разб} = t_{\alpha n} \cdot S_{\bar{\sigma}} \ .$$

По табл. 2 определяют коэффициент Стьюдента ($t_{\alpha n}$) для числа измерений n = 10 и числа степеней свободы 8. $t_{\alpha n}$ равно 2,3.

$\Delta\sigma_{разб}$ = 2,3 · 7,37 = 16,95 = 17 Н^{I}/м.

8. Записывают окончательный результат серии измерений:

$$\sigma = \bar{\sigma}_i \pm \Delta\sigma_{разр} \ ;$$

$$\sigma_{исх} = 629 \pm 17 \ \text{Н}^{I}/\text{м} \ .$$

Аналогично рассчитывают адгезионную прочность σ для каждого времени испытаний при температурах 313 °К (40 °С), 333 °К (60 °С), 353 °К (80 °С). Результаты статистической обработки представлены в табл. 3.

10. Для получения зависимостей типа

$$y_i = B + \alpha\tau_i + \beta\tau_i^2$$

для каждой температуры испытаний определяют коэффициенты.

В качестве примера рассчитывают коэффициенты $B_\sigma, \alpha_\sigma, \beta_\sigma$ для температуры 40 °С (I серия).

11. Для определения коэффициентов $B_\sigma, \alpha_\sigma, \beta_\sigma$ решают систему трех уравнений:

$$n B_\sigma + \alpha_\sigma \sum_{i=1}^{n} \tau_i + \beta_\sigma \sum_{i=1}^{n} \tau_i^2 = \sum_{i=1}^{n} y_i \ ; \qquad (I)$$

$$B_\sigma \sum_{i=1}^{n} \tau_i + \alpha_\sigma \sum_{i=1}^{n} \tau_i^2 + \beta_\sigma \sum_{i=1}^{n} \tau_i^3 = \sum_{i=1}^{n} y_i \tau_i \ ; \qquad (2)$$

$$B_\sigma \sum_{i=1}^{n} \tau_i^2 + \alpha_\sigma \sum_{i=1}^{n} \tau_i^3 + \beta_\sigma \sum_{i=1}^{n} \tau_i^4 = \sum_{i=1}^{n} y_i \tau_i^2 \ . \qquad (3)$$

II.I. Рассчитывают экспериментальные данные:

$$\sum_{i=1}^{n} \tau_i = 10+50+100+200+300+400+500 = 1560 \text{ (ч)}$$

$$n = 7$$

$$\sum_{i=1}^{n} \tau_i^2 = 1.10^2 + 25.10^2 + 1.10^4 + 4.10^4 + 9.10^4 + 16.10^4 + 25.10^4 = 55,26.10^4 \text{ (ч)}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \tau_i^3 = 1.10^3 + 125.10^3 + 1.10^6 + 8.10^6 + 27.10^6 + 64.10^6 + 125.10^6 = 225,126.10^6 \text{ (ч)}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \tau_i^4 = 1.10^4 + 625.10^4 + 1.10^8 + 16.10^8 + 81.10^6 + 256.10^8 + 625.10^8 = 979.10^8$$

$$\sum_{i=1}^{n} y_i \tau_i = 0,639.10^8 + 3,187.10^2 + 6,254.10^2 + 12,49.10^2 + 13,39.10^2 + 24,22.10^2 + 27,25.10^2 = 92,437.10^2$$

$$\sum_{i=1}^{n} y_i \tau_i^2 = 0,0639.10^4 + 1,5933.10^4 + 6,254.10^4 + 55,1718.10^4 + 98,872.10^4 + 136,28.10^4 = 323,223.10^4$$

II.2. Расчетные данные заносят в таблицу 4.

II.3. Из уравнения (I) определяют B_6 :

$$B_6 = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i - \alpha_6 \sum_{i=1}^{n} \tau_i - \beta_6 \sum_{i=1}^{n} \tau_i^2}{n}.$$

I2. Ниже приведены зависимости адгезионной прочности и сдвигового сопротивления от времени и температуры для каждой серии испытаний.

Температура 40 °С

I серия

$$\ln \sigma_{i\,ан} = 6,5042 - 0,00217\,\tau_i + 0,000001375\,\tau_i^2$$

$$\ln R_{i\,сн} = 16,6194 - 0,0256\,\tau_i + 0,00002476\,\tau_i^2$$

II серия

$$\ln \sigma_{i\,ан} = 6,6281 + 0,003130\,\tau_i + 0,00000422\,\tau_i^2$$

$$\ln R_{i\,ан} = 14,1874 - 0,002885\,\tau_i + 0,000000578\,\tau_i^2$$

Температура 60 °С

I серия

$$\ln \sigma_{i\,ан} = 6,4051 + 0,001205\,\tau_i - 0,000007616\,\tau_i^2$$

$$\ln R_{i\,ан} = 16,0733 - 0,0255\,\tau_i + 0,00001657\,\tau_i^2$$

II серия

$$\ln \sigma_{i\,ан} = 6{,}4 + 0{,}0009752\,\tau_i - 0{,}00000517\,\tau_i^2$$

$$\ln R_{i\,ан} = 17{,}5714 - 0{,}01820\,\tau_i + 0{,}00005389\,\tau_i^2$$

Температура 80 °С

I серия

$$\ln \sigma_{i\,ан} = 6{,}6816 - 0{,}003842\,\tau_i - 0{,}000003\,\tau_i^2$$

$$\ln R_{i\,ан} = 17{,}1761 - 0{,}0558\,\tau_i + 0{,}0000992\,\tau_i^2$$

II серия

$$\ln \sigma_{i\,ан} = 7{,}2669 - 0{,}001038\,\tau_i - 0{,}0000026\,\tau_i^2$$

$$\ln R_{i\,ан} = 16{,}3417 - 0{,}0308\,\tau_i + 0{,}00001873\,\tau_i^2$$

Из данных уравнений при предельном значении адгезионной прочности покрытий $\sigma_{пр} = 60$ Н/м и активного сопротивления $R_{пр} = 10^3$ Ом определяем τ_g. Значения τ_g для каждого режима испытаний приведены в табл. 5.

13. Для каждой серии испытаний получают зависимость от температуры в координатах "$\ln \tau_g ; \frac{1}{T}$" (рис. 1) и рассчитывают значение τ_g при температуре эксплуатации ($\tau_э$):

14. Определяют $\tau_э$ при температуре 20 °С по изменению адгезионной прочности для I серии испытаний.

Выражают уравнение (22) в логарифмической форме

$$\ln \tau_э = \ln \tau_{изв} + tg\,\beta \left(\frac{1}{T_{изв}} - \frac{1}{T_э} \right).$$

Подставляют известные значения:

$$\ln \tau_{g_1}^{50} = 6{,}4524 \qquad \frac{1}{T_{60}} = 3{,}0 \cdot 10^{-3}$$

$$tg\,\beta = \frac{6{,}6709 - 6{,}0685}{(2{,}8 - 3{,}2) \cdot 10^{-3}} \qquad \frac{1}{T_{20}} = 3{,}4 \cdot 10^{-3}$$

Определяют:

$$\ln \tau_э^{20} = 6{,}4524 + \frac{6{,}6709 - 6{,}0685}{(2{,}8 - 3{,}2) \cdot 10^{-3}} \cdot (3{,}0 - 3{,}4) \cdot 10^{-3}$$

$$\ln \tau_э^{20} = 6{,}4524 + 0{,}6024 = 7{,}0548$$

Выразив значение $\ln \tau_э^{20}$ через десятичный логарифм, определяют значение

$$\lg \tau_э^{20} = \ln \tau_э^{20} \cdot M ,$$

где M - модуль десятичного логарифма равный 0,43429:

$$\lg \tau_э^{20} = 7{,}0548 \cdot 0{,}43429 ;$$

$$\lg \tau_э^{20} = 3{,}0638 ;$$

$$\tau_э^{20} = 1156{,}2 \ (4) .$$

Введя поправку на толщину покрытия, определяют срок службы покрытия по потере адгезионной прочности (τ_{ogA}):

$$\tau_{ogA} = \frac{1156{,}2}{(150-50) \cdot 10^{-4} \cdot 24 \cdot 365} ;$$

$$\tau_{ogA} = 13{,}2 \text{ года} .$$

Аналогично рассчитан срок службы покрытия по каждому режиму испытаний (см. табл. 5).

Расчет срока службы покрытия по коррозионным потерям

Обработка экспериментальных данных производится согласно разделу 4 и приложению 3 настоящей методики.

Результаты статистической обработки измерений представлены в табл. 3.

После обработки экспериментальных данных для каждой температуры испытаний получаем зависимость:

$$\frac{\Delta m}{S} = C_m (\tau - \tau_{н.к}) .$$

Коэффициент C_m представляет собой усредненную скорость коррозии металла под покрытием для каждого режима испытаний.

После определения C_m получаем шесть уравнений вида:

для температуры 40 °C

$$\frac{\Delta m_i^{max}}{S} = 0{,}1126 \cdot 10^{-4} (\tau_i - \tau_{н.к.}) ;$$

$$\frac{\Delta m_i^{min}}{S} = 0{,}0903 \cdot 10^{-4} (\tau_i - \tau_{н.к.}) ;$$

для температуры 60 °С

$$\frac{\Delta m_i^{max}}{S} = 0{,}1404 \cdot 10^{-4} (\tau_i - \tau_{н.к.}) \ ;$$

$$\frac{\Delta m_i^{min}}{S} = 0{,}1575 \cdot 10^{-4} (\tau_i - \tau_{н.к.}) \ ;$$

для температуры 80 °С

$$\frac{\Delta m_i^{min}}{S} = 0{,}175 \cdot 10^{-4} (\tau_i - \tau_{н.к.}) \ ;$$

$$\frac{\Delta m_i^{max}}{S} = 0{,}2375 \cdot 10^{-4} (\tau_i - \tau_{н.к.}) \ .$$

Из каждого уравнения определим $\tau_{н.к.}$ при максимальном времени испытаний для каждого режима испытаний (см. табл. 4).

Определив $\tau_{н.к.}$ для каждой температуры, строим зависимость времени начала коррозии от температуры испытаний в координатах $(\ln \tau_{н.к.}, \frac{1}{T})$ (см. рис. 5). Аналогично строим зависимость C_m от температуры в тех же координатах (рис. 6).

Определяем время начала коррозии при температуре (20±2) °С.

$$\ln \tau_{н.к.}^{20} = 5{,}6 + \frac{5{,}6 - 4{,}825}{(2{,}8-3{,}2) \cdot 10^{-3}} \cdot (3{,}2 - 3{,}4) \cdot 10^{3} = 5{,}9875$$

$$\ln \tau_{н.к}^{20} = 2{,}6003$$

$$\tau_{н.к} = 398{,}1 \text{ ч}$$

Определим усредненную скорость коррозии C_m при температуре (20±2) °С (рис. 6). C_m^{20} равна $0{,}0485 \cdot 10^{-4}$ г/см^{2}ч. Определим срок службы покрытия (τ_g^{20}) при температуре эксплуатации:

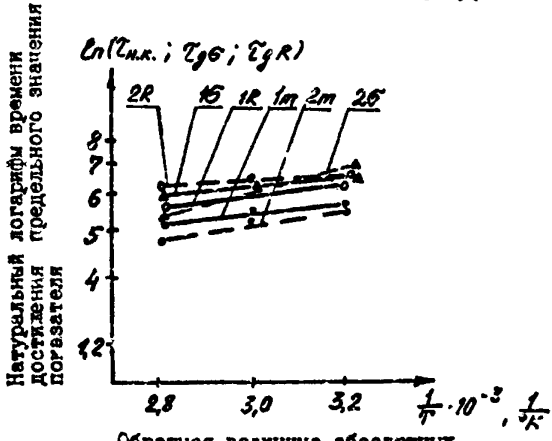
$$\tau_g = \tau_{н.к} + \frac{\Delta m_{max}}{S} \varphi \frac{1}{V} \ ,$$

где $\tau_{н.к.}$ - время начала коррозии при температуре (20±2) °С равно 398,1 ч;

$\frac{\Delta m_{max}}{S} \varphi$ - максимальная потеря массы при разрушении покрытия, равная $45{,}41 \cdot 10^{-4}$ г/см^2;

V - усредненная скорость коррозии при температуре эксплуатации, равная $0{,}0485 \cdot 10^{-4}$ г/см^{2}ч ;

Зависимость срока службы покрытия
от обратных значений температур испытаний

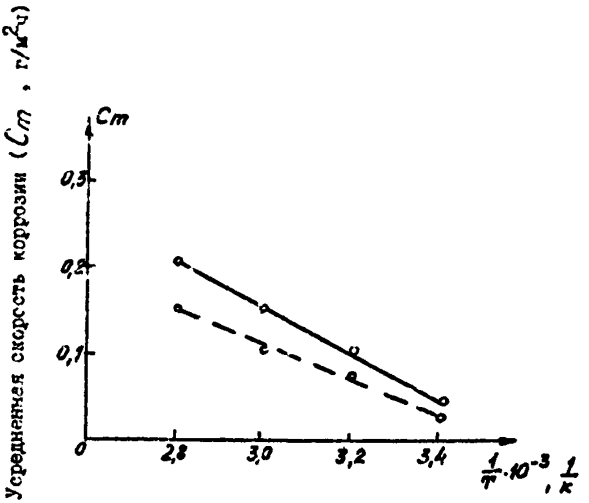


Обратная величина абсолютных
значений температур испытаний

Iб ; 2б - по изменению адгезионной прочности I и 2 серия соответственно; $1R$; $2R$ - по изменению омического сопротивления; $1m$; $2m$ - по времени начала коррозии на металле

Рис. 5

Зависимость усредненной скорости коррозии от обратных значений температур испытаний



обратная величина абсолютных значений температур испытаний

—— I серия; — — — II серия

Рис. 6

$$\tau_g^{20} = 398,1 + \frac{45,41.10^{-4}}{0,0485.10^{-1}} = 1334,39 \text{ч}.$$

Вводя поправку на толщину покрытия, получаем ориентировочный срок службы покрытия :

$$\tau_{og} = \frac{1334,39}{24.385(150-50).10^{-4}} = 15,2 \text{ (года)}.$$

Рассчитав срок службы покрытия по 3 показателям противокоррозионных свойств, получаем:

Омическое сопротивление покрытия достигает предельного значения через 9 лет, через 13,2 года наступает потеря адгезионных свойств покрытий. Скорость коррозии металла под покрытием при температуре эксплуатации, равной 20 ^{o}C, достигает значения $0,05.10^{-4}$ г/см^{2}ч через 15,2 года.

Согласно п. 5.6. срок службы двухслойного покрытия шпатлевки ЭП-00-10 толщиной (150±10) мкм принимается равным 9 годам.

Таблица 2

Протокол испытаний систем покрытий для определения их срока службы

Исследуемая система покрытий	Режим испытаний: фольга 0,025 мм			агрессивная среда - модельный раствор для коррозионных испытаний (п. 2.13)									
	Кол-во слоев	Суммарная толщина покрытия, мкм	Номер образца	Исходные данные			Длительность воздействия агрессивной среды τ_i, ч	Изменение характеристик после испытаний					
				Начальная масса, г m_0	Начальное сопротивление образца, R, Ом	Адгезионная прочность, S, Н/м		Масса образца, m_i, г	Сопротивление образца, Ом R	Адгезионная прочность, A, Н/м	Потеря массы Δm_0 $\times 10^{-3}$ г	Удельная потеря $\frac{\Delta m}{S}$ $\times 10^{-4}$ г/см	Скорость коррозии г/см² ч 10^{-6}
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
Грунтовка ЗП-00-I0 I серия Температура 40°С	2	150^{-15}	40^{-1}	0,I205; 0,I216 0,I224 0,I225 0,I230 0,I23I	(2,27;2,9; 3,0;3,I; 3,2;3,I5; 3,5;3,7; 4,2;6)x I0	600,600, 6I0,6I9, 620	0	-	-	-	-	-	-
			40^{-2}	0,I235 0,I237 0,I244 0,I248 0,I233	$3,3.10^7$	630,640, 650,656, 670 629							
			40^{-3} 10^{-4}	0,I233	$3,5.10^7$	629	I0	-	(I,I5;I,2;I,7; I,7;I,9;2,29; 2,3;2,5;3,2; 4,78)x10^7 $2,27.10^7$	570,575,580, 590,600,600, 6I0,620,625, 630 600	-	-	-
			40^{-5} 40^{-6}	0,I233	$3,5.10^7$	629	50	-	(I,9;2,8;2,9; 3,0;3,I5;3,2; 4,75;5,2;5,2; 5,6)x10^6 $3,77.10^6$	560,570,577, 579,580,590, 590,590,605, 620 586	-	-	-
			40^{-7} 40^{-8}	0,I233	$3,5.10^7$	629	I00	-	(0,8;0,95;I,0; I,2;I,2;I,3; I,48;I,67)x x10^6 $I,2.10^6$	4I0,440,500, 5I0,520,525, 530,545,600, 630 52I	-	-	-
			40^{-9} 40^{-10}	0,I233	$3,5.10^7$	629	200	0,I205;0,I196; 0,I207;0,I210; 0,I20I;0,I208; 0,I200;0,I2II; 0,I199;0,II69 0,I202	(0,97;I,02;I,2; I,5;I,5;I,6; I,6;I,68)x x10^5 $I,384.10^5$	400,420,460, 500,5I5,530, 550,560,605, 6I0 5I5	4,6+I,4	8,65+ 2,63	4,325

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			$\frac{40-11}{40-12}$	0,1233	$3,5.10^7$	629	300	-	(0,87;0,98;1,1; 1,14;1,3;1,42)x $\times 10^8$ $1,135.10^9$	450,480,500, 510,520,520, 530,590 450	-	-	-
			$\frac{40-13}{40-14}$	0,1233	$3,5.10^7$	629	400	0,1095;0,1096; 0,1101;0,1170; 0,1170;0,1144; 0,1104;0,1115; 0,1119 0,1012	(3,6;4,1;4,9; 6,0;6,2;7,8)x 10^4 $5,4.10^4$	515,510,480, 426	11,5+ 12,7	23,28+ 25,7	5,82+ 6,425
			$\frac{40-15}{40-15}$	0,1233	$3,5.10^7$	629	500	0,1011;0,1021; 0,1011;0,1019; 0,1016;0,1126; 0,1026;0,1078; 0,1032;0,1046 0,1039	(0,9;1,2;1,35; 1,4;2,2;15)x 10^4 $1,6.10^4$	130,150,180, 220,230,250, 260,270,290, 350 233	1,75+ 24,9	32,84+ 46,8	6,57+ 9,36
Температура 60°С			$\frac{60-1}{60-2}$ $\frac{60-3}{60-4}$ $\frac{60-5}{60-6}$ $\frac{60-7}{60-8}$ $\frac{60-9}{60-10}$	0,1233	(5,6;6,0; 6,2;6,5; 6,8;6,9; 7;7,3; 9,5;10)x 10^7 $7,08.10^7$	700,720,740, 790,800,820, 830,850,870, 880 800	10	-	(2,27;3,05;3,2; 4,2;4,5;5,27; 5,64;5,72; 5,78;6)x 10^7 $4,54.10^7$	620,635,684, 710,720,730, 760,775,781, 785 720	-	-	-
				0,1233	$7,08.10^7$		50	-	(0,66;1,43;1,56; 2,58;2,66;3,65; 4,02;4,1;4,12; 4,18)x10^7 $2,92.10^7$	501,610,630 690,740,760, 770 683	-	-	-
				0,1233	$7,08.10^7$		100	-	(3,0;3,2;3,6; 3,9;4,3;4,6; 4,8;5,5)x 10^6 $4,1.10^6$	510,570,590, 630,700,706, 631	-	-	-
				0,1233	$7,08.10^7$		200	0,1200;0,1197; 0,1201;0,1196; 0,1195;0,1203 0,1198	(1,4;1,6;1,75; 1,8;2,2;2,5; 2,71;2,92)x 10^6 $2,11.10^6$	320,390,400, 430,450,470, 410	8,5	16,2	8,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
				0,1233	$7,08.10^7$		300	-	(3,5;4,2;5,4; 5,7;6,0;7,5; 7,7;8,0)x 10^4	220,270,343, 379,430,481, 530	-	-	-
									6.10^4	379			
				0,1233	$7,08.10^7$		400	0,1122;0,1200; 0,1107;0,1096; 0,1116;0,1101; 0,1112	(3,5;3,8;5,0; 5,7;6,6;5,9)x 10^4	170,210,318, 400,420,460	I2,I	23,04	5,7
								0,1122	$4,95.10^4$	329			
				0,1233	$7,06.10^7$		500	0,1105;0,1063; 0,1163;0,1207; 0,1076;0,1095	(0,8;0,95;1,1; 1,2;1,4;1,51) x 10^4	150,160,190, 186,190,205, 210	I2,3	23,7	4,8
								0,1118	$1,16.10^4$	183			
Температура 80°С			80-I 80-2 80-3 80-4 80-5 80-6 80-7 80-8 80-9 80-10	0,1233	(4,8;4,85; 4,9;4,95; 5,1;5,2; 5,65;5,94 5,95)x 10^7	800	I0	-	(3,2;3,5;3,8; 4,0;4,25;4,3; 4,5;4,75; 5,08;5,28)x 10^7	661 668,743, 779,822,875, 893	-	-	-
					$5,3.10^7$				$4,27.10^7$	780			
							30	-	(2,7;2,9;3,0; 3,2;3,2;3,3; 3,44;3,48; 3,54)x 10^6	680,690,700, 720,725,745, 780	-	-	-
									$3,22.10^6$	720			
							50	-	(4,62;5,1;6,2; 7,3)x 10^6	600,580,620, 640,685,731	-	-	-
									$5,88.10^6$	631			
				0,1232			I00	0,1079;0,1084; 0,1087;0,1099; 0,1101;0,1102	(0,98;I,53;I,9) x 10^5	430,500,510, 521,572,693	$I4,I_3$ x 10^4	22,I	2,7
								0,1092	$I,43.10^5$	521			
				0,1233	$5,3.10^7$		200	0,0970;0,0973; 0,0976;0,1050; 0,1078;0,1073	(4,8;5,2;6,4; 7)x 10^4	270,290,320, 400,430,474	$2I,3_3$ x 10^4	4,I	2,I
								0,1020	$5,85xI0^4$	364			
							300	-	(I,I;I,4;I,5; I,64)x 10^4	I70,200,220, 250,300			
									$I,4IxI0^4$	228			

I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
					0,1233	$5,3.10^7$		250	0,0960;0,0970; 0,0940;0,0950; 0,1000;0,1020 0,0940	(0,95;1,2;1,44; 1,75)x10^5 $1,31.10^5$	60,80,80, 100,110 88	29,3	56,3	16,1
Грунтовка 20-00-10 Температура 40°С (II серия)	2	150÷15		40-1-2 40-2-2 40-2-3 40-2-4 40-2-5	0,1120 0,1118 0,1119,2 0,1125 0,1115 0,1117,2 0,1121,2	(0,9;0,95; 0,98;1,3; 1,5;1,7; 1,87;2; 1,94;2)x $x10^7$	640,650, 670,675, 680,700, 800,840, 850,870			(3,1;3,2;3,31; 3,5;3,9;4,2; 5;6,47;5,67; 5,74)x10^6 $4,31.10^6$				
				40-2-6	0,1119	$1,5.10^7$	737							
				40-2-7 40-2-8 40-2-9 40-2-10				10			600,610,615, 627,627,628, 630,639,644, 650 627	-	-	-
								50	-	(6,2;6,5;7,3 8;9,0;9,3; 9,5;10,2; 10,65;10,9) x10^5 $8,77.10^5$	560,569,580 590,595,600 610,624,627 595	-	-	-
								100	-	(1,2;1,4;1,5; 2,26;2,35; 2,45)x10^5 $1,86.10^5$	490,490,495 510,520,570 620,630,635 550	-	-	-
					0,1119	$1,5.10^7$	737	200	0,1078;0,1070 0,1020;0,1000 0,1066;0,1090 0,1066	(0,5;0,8;0,93 1,11;1,24;1,3 1,32;1,35)x 10^5 1.10^5	300,350,390 400,410,420 440,474 399	4	7,7	3,85
								300	-	(7,2;8,3;9,0 11,1;11,8; 12,48)x10^4 $9,98.10^4$	230,265,320 330,345,360 370,410 330	-	-	-
					0,1119	$1,5.10^7$	737	400	0,1020;0,1030 0,1030;0,1030 0,1035;0,1040; 0,1045	(3,0;3,2;3,4 4,4;6;6,4)x $x10^4$ $4,4.10^4$	170,220,250 200,310,360 265	8,6	16,5	4,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
							100	0,1010;0,1014 0,1012;0,1017 0,1020;0,1024 0,1017	(0,9;1,1;1,2 1,3;1,4;1,9) x10⁴ 1,3.10⁴	135,140,150 160,177,180 157	10,2	19,6	3,92
Температура 30°С			60-1-2 60-2-2 60-3-2 60-4-2 60-5-2 60-6-2 60-7-2 60-8-2 60-9-2 60-10-2		(3,5;3,7 3,9;4,0 4,2;4,8 5,8;5,9 6,05;6,15) x10⁷ 4,8x10⁷		исх.						
				0,1119		737	10	-	(3,2;3,7;3,9 4,3;4,6;4,67 5,0;5,58;5,78 5,97)x10⁷ 4,67.10⁷	610,617,620 633,660,690 690,710,715 735 670	-	-	-
							50	-	(1,2;1,3;1,45 1,6;1,7;1,8 1,85;1,89 1,95;1,98) x10⁷ 1,67.10⁷	570,570,580 590,605,610 610,620,625 630 600	-	-	-
							100	-	(3,1;3,7;3,9 4,2;4,4;4,8 5,06;5,32) x10⁶ 4,31.10⁶	550,560,560 570,590,590 600,605,610 615 585	-	-	-
				0,119	4,8.10⁷		200	0,1000;0,1030 0,1035;0,1055 0,1056;0,1060 0,1100 0,1054	(0,98;1,2;1,4; 1,48;1,68; 1,78)x10⁶ 1,48.10⁶	460,480,540 570,600,615 645,675 575	6,5	12,6	6,25
							300	-	(5,2;3,9;4,2 5,4;6,1;7,32) x10⁵ 5,02.10⁵	460,480,500 500,510,520 500	-	-	-
							400	0,1010x3 0,1015;0,1023 0,1025 0,1015	(3,2;3,5;4,3 5,57;6;7,07) x10⁴ 4,94.10⁴	400,420,440 454,464,474 442	10,2	10,2	4,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
				0,1119	$4,8.10^7$		500	0,0996x2 0,0990;0,1002 0,1003;0,1006 0,1000	(0,9;1,2;1,5 2,4;2,58)x $x10^4$ $1,94.10^4$	170,200,2 280,312,322 252	11,9	22,9	4,6
Температура 80 °С			80-1-2	0,1120	(3,2;3,25		10	-	(1,8;2,1;2,12	640,650,680	-	-	-
			80-2-2	0,1111	3;3;3,4;				2,4x4;2,45	700x2,710			
			80-3-2	0,1118	3;5;4,0				2,48;2,54)	715,720,740			
			80-4-2	0,1123	5;5,5;5,6				$x10^7$				
			80-5-2	0,0,1115	6,1x10^7				$2,31.10^7$	700			
			80-6-2	0,1117	$4,3.10^7$								
			80-7-2	0,1121x4									
			80-8-2	0,1120									
			80-9-2			737	30	-	(2,5;2,9;3,2	470,480,490	-	-	-
			80-10-2						3,5;3,9;4,6	517,530,537			
									5;5,7;6;6,1)	545,560,566			
									$x10^5$	575			
									$4,36.10^5$	527			
							50	-	(0,9;0,95;1	360,390,410	-	-	-
									1,6;3;2,48	420,470,540			
									2,5;3)x10^6	564,566			
									$1,8.10^6$	470			
				0,1120	$4,3.10^7$	737	100	0,1070;0,1076 0,1085;0,1095 0,1098;0,1100	(2,2;2,6;2,72 2,8;2,8;3,1) $x10^5$	270,270,276 280,290,295	3,2	6,2	6,2
								0,1087	$2,72.10^5$	280			
				0,1120	$4,3.10^7$	737	200	0,1080;0,1076 0,1075;0,0960 0,0978;0,0960	(7,3;7,8;8,5 9;11;12,2)	110,120,130 140,150,154	10,1	19,4	9,7
								0,1024	$x10^4$ $9,3.10^4$	274			
							300	-	(6,22;6,92;	80,80,90	-	-	-
									7,62;7,75;8,3	118,120,130			
									9,56)x10^3				
									$7,73.10^3$	103			
				0,1120	$4,3.10^7$	737	350	0,0870;0,0890 0,0920;0,0947 0,1015;0,1020	(1,5;1,8;2 2,20;2,6;3,0) $x10^3$	50,60,70,70 80,90	16,5	31,7	9,1
								0,0944	$2,21.10^3$	70			

Зав. лабораторией Э.А.Низамов

Ответственный исполнитель Е.Т.Родионова

Техник М.С.Лобанова

Таблица 3

Результаты статистической обработки измерений

Режим испытаний и система Пк	Температура испытаний, °С	Время испытаний, ч	Значение промежуточных параметров				
			$\bar{y}$	S_x	$S_{\bar{y}}$	$\Delta y_{разб}$	$y = \bar{y} \pm \Delta y_{разб.}$
1	2	3	4	5	6	7	8
I серия	40°	исх.	629	23,35	7,37	I7	
		I0	600	2I,2	6,74	I5,5	600±I5,5
		50	586	I7,2	5,45	I2,5	586±I2,5
		I00	52I	53,7	I6,95	40	52I±40
		200	5I5	42,6	I4,2	34,8	5I5±35
		300	460	62,6	22,I	5I	460±5I
		400	426	45,4	I4,3	32	426±32
		500	233	66,5	2I	48	233±48
		исх.	800	62,5	I9,9	45,8	800±45,8
	60°	I0	720	54,5	I7,35	40	720±40
		50	683	73	27,5	70,7	683±70,7
		I00	63I	74	30,2	77,6	63I±77,6
		200	4I0	48,5	I7,5	55,65	4I0±56
		300	379	III	42	I07,94	379±I08
		400	329	I08	48,3	I34	329±I34

1	2	3	4	5	6	7	8
		500	I83	24,2	9,9	27,5	I73±27,5
	80°	I0	780	82,9	29,3	7I,8	780±7I,8
		30	720	54,5	I7,35	40,0	720±40
		50	63I	74	30,2	77,6	63I±77,6
		I00	52I	53,7	I6,95	40	52I±40
		200	364	82,5	33,6	93,4	364±93,4
		300	228	49,3	22	70	228±70
		350	83	I9,3	8,6	27,35	88±27,35
			Изменение активного сопротивления покрытия				
	40°	I0	$2{,}27.10^{7}$	$I{,}075.10^{7}$	$0{,}34.10^{7}$	$0{,}782.10^{7}$	$(2{,}27\pm0{,}782).10^{7}$
		50	$3{,}77.10^{6}$	$I{,}29.10^{6}$	$0{,}404.10^{6}$	$0{,}93.10^{6}$	$(3{,}77\pm0{,}93).10^{6}$
		I00	$I{,}2.10^{6}$	$0{,}286.10^{6}$	$0{,}I0I.10^{6}$	$0{,}247.10^{6}$	$(I{,}2\pm0{,}247).10^{6}$
		200	$I{,}384.10^{5}$	$0{,}279.10^{5}$	$0{,}098.10^{5}$	$0{,}24I.10^{5}$	$(I{,}384\pm0{,}24I).10^{5}$
		300	$I{,}I35.10^{5}$	$0{,}2.10^{5}$	$0{,}082.10^{5}$	$0{,}238.10^{5}$	$(I{,}I35\pm0{,}288).10^{5}$
		400	$5{,}4.10^{4}$	$I{,}55.10^{4}$	$0{,}63.10^{4}$	$I{,}75.10^{4}$	$(5{,}4\pm I{,}75).10^{4}$
		500	$I{,}5.10^{4}$	$0{,}485.10^{4}$	$0{,}I99.10^{4}$	$0{,}55.10^{4}$	$(I{,}5\pm0{,}55).10^{4}$
	60°	I0	$4{,}54.10^{7}$	$I{,}3I.10^{7}$	$0{,}4I5.10^{7}$	$0{,}95.10^{7}$	$(4{,}54\pm0{,}95).10^{7}$
		50	$2{,}92.10^{7}$	$3{,}36.10^{7}$	$I{,}06.10^{7}$	$2{,}58.10^{7}$	$(2{,}92\pm2{,}58).10^{7}$

1	2	3	4	5	6	7	8
		100	$4,1.10^6$	$0,34.10^6$	$0,395.10^6$	$0,974.10^6$	$(4,1\pm0,974).10^6$
		200	$2,11.10^6$	$4,35.10^6$	$0,9.10^6$	$3,87.10^6$	$(2,11\pm3,87).10^6$
		300	6.10^4	$1,45.10^4$	$0,515.10^4$	$1,26.10^4$	$(6\pm1,26).10^4$
		400	$4,95.10^4$	$1,266.10^4$	$2,005.10^4$	$8,121.10^4$	$(4,95\pm8,12).10^4$
		500	$1,15.10^4$	$0,84.10^4$	$0,419.10^4$	$1,8.10^4$	$(1.16\pm1,8).10^4$
	80°	10	$4,72.10^7$	$0,71.10^7$	$0,23.10^7$	$0,53.10^7$	$(4,27\pm0,53).10^7$
		30	$3,22.10^6$	$0,3.10^6$	$0,094.10^6$	$0,216.10^6$	$(3,22\pm0,216).10^6$
		50		средне-			$5,38.10^5$
		100			арифметические		$1,425.10^5$
		200				значения	$5,85.10^4$
		300					$1,41.10^4$
		350					$1,31.10^3$
				Коррозионные потери массы			
	-	исх.	0,1233	$1,9.10^{-3}$	$0,613.10^{-3}$	$1,3.10^{-3}$	$0,1233\pm0,0019$
	-	200	0,1203	0,0007	0,0002	0,0003	$0,1203\pm0,0003$
	40	400	0,1112	4,00026	0,0008	0,0025	$0,1112\pm0,0025$
		500	0,1040	0,0037	0,0015	0,0037	$0,1040\pm0,0037$
	60	200	0,1197	0,0004	0,00015	0.0004	$0,1197\pm0,0004$
		400	0,1112	0,0032	0,0016	0,0027	$0,1112+0,0027$

I	2	3	4	5	6	7	8
		500	0,III0	0,0050	0,00I0	0,00I8	0,III0±0,00I8
	80	I00	0,I092	0,0095	0,0007	0,0I53	0,I092±0,0I53
		200	0,I020	0,0I92	0,0078	0,0I33	0,I020±0,0I33
		350	0,0I40	0,04I	0,0I84	0,03I2	0,0940±0,03I2

I	2	3	4	5	6	7	8
II серия			Изменение адгезионной прочности				
	40°	исх	737	67,5	30,2	96	737±96
		I0	627	I5	4,76	II	627±II
		50	595	23	7,7	I8,2	592±I8,2
		I00	550	7I	23,6	55,7	550±55,7
		200	398	46	I6,5	40,4	398±40,4
		300	330	54,5	I9,3	47,3	330±47,3
		400	265	67,5	27,4	70,4	265±70,4
		500	I57	2I,2	8,65	24	I57±24
	60°	исх.	737	67,5	30,2	96	737±96
		I0	670	46	I4,5	33,4	670±33,4
		50	600	20,0	6,95	I5,98	600±I6
		I00	585	53,3	7	I6,0	585±I6
		200	575	I7,2	5,45	I2,5	575±I2,5
		300	500	I4	5,74	I5,8	500±I5,8
		400	442	26,3	I0,75	29,5	442±29,5
		500	252	62	25,5	70	252±70
	80°	I0	700	67,5	30,2	96	700±96
		30	526	37	II,7	27	526±27

1	2	3	4	5	6	7	8
		50	470	82,5	29,2	75	470±75
		100	280	7,33	2,3	5,33	280±5,33
		200	134	17,2	7,02	19,3	134±19,3
		300	103	29	5,4	12,42	103±12,4
		350	70	19,4	3,6	8,3	70±8,3
			Изменение активного сопротивления покрытия				
	40°	10	$4,31.10^6$	$3,25.10^6$	$1,23.10^6$	$3,16.10^6$	$(4,31\pm3,16).10^6$
		50	$8,77.10^5$	$1,69.10^5$	$0,54.10^5$	$1,24.10^6$	$(8,77\pm1,24).10^5$
		100	$1,86.10^6$	$1,89.10^6$	$0,775.10^5$	$2,1545.10^5$	$(1,86\pm2,15).10^6$
		200	1.10^5	$0,31.10^5$	$0,11.10^5$	$0,253.10^3$	$(1\pm0,258).10^5$
		300	$9,98.10^4$	$2,12.10^4$	0,865	$2,2.10^4$	$(9,98\pm2,2).10^4$
		400	$4,4.10^4$	$3,29.10^4$	$1,62.10^4$	$6,97.10^4$	$(4,9\pm6,97).10^4$
		500	$1,3.10^4$	$0,334.10^4$	$0,14.10^4$	$0,343.10^4$	$(1,3\pm0,343).10^4$
	60°	10	$4,67.10^7$	$0,925.10^7$	$0,292.10^7$	$0,672.10^7$	$(4,67\pm0,672).10^7$
		50	$1,67.10^7$	$0,335.10^7$	$0,106.10^7$	$0,244.10^7$	$(1,67\pm0,244).10^7$
		100	$4,31.10^6$	$0,735.10^6$	$0,234.10^6$	$0,573.10^6$	$(4,31\pm0,573).10^6$
		200	$1,48.10^6$	$1,47.10^6$	$0,655.10^6$	$2,08.10^6$	$(1,48\pm2,08).10^6$
		300	$5,02.10^5$	$1,54.10^5$	$0,63.10^5$	$1,54.10^5$	$(5,02\pm1,54).10^5$

1	2	3	4	5	6	7	8
		400	$4,94.10^4$	$3,23.10^4$	$1,62.10^4$	$6,97.10^4$	$(4,94\pm6,97).10^4$
		500	$1,94.10^4$	$0,93.10^4$	$0,416.10^4$	$1,323.10^4$	$(1,94\pm1,323).10^4$
	80°	10	$2,31.10^7$	$0,398.10^7$	$0,124.10^7$	$0,285.10^7$	$(2,31\pm0,285).10^7$
		30	$4,36.10^6$	$1,3.10^6$	$0,41.10^6$	$0,943.10^6$	$(4,36\pm0,94).10^6$
		50	$1,8.10^6$	$1,89.10^6$	$0,775.10^6$	$2,15.10^6$	$(1,8\pm2,15).10^6$
		100	$2,72.10^5$	$2,82.10^5$	$0,75.10^5$	$2,085.10^5$	$(2,72\pm2,085).10^5$
		200	$9,3.10^4$	$7,45.10^4$	$3,34.10^4$	$9,3.10^4$	$(9,3\pm9,3).10^4$
		300	$7,73.10^3$	$1,22.10^3$	$0,503.10^3$	$1,29.10^3$	$(7,73\pm1,29).10^3$
		350	$2,21.10^3$	$1,42.10^3$	$0,585.10^3$	$1,626.10^3$	$(2,21\pm1,626).10^3$
			Коррозионные потери массы				
	40°	исх.	0,1119	$3,23.10^{-4}$	$1,21.10^{-4}$	$3,11.10^{-4}$	$0,1119\pm0,0003$
		200	0,1079	$13,15.10^{-4}$	$4,95.10^{-4}$	$12,72.10^{-4}$	$0,1079\pm0,0013$
		400	0,1033	$8,1.10^{-4}$	$3,06.10^{-4}$	$7,86.10^{-4}$	$0,1033\pm0,0008$
		500	0,1017	$4,8.10^{-4}$	$1,99.10^{-4}$	$5,53.10^{-4}$	$0,1017\pm0,0005$
	60	200	0,1054	$29,15.10^{-4}$	11.10^{-4}	$28,24.10^{-4}$	$0,1054\pm0,0028$
		400	0,1019	$9,5.10^{-4}$	$3,87.10^{-4}$	$10,76.10^{-4}$	$0,1019\pm0,0011$
		500	0,1000	$5,5.10^{-4}$	$2,26.10^{-4}$	$5,81.10^{-4}$	$0,1000\pm0,0006$

I	!	2	!	3	!	4	!	5	!	6	!	7	!	8
	80		100		0,1087		$12,6.10^{-4}$		$5,15.10^{-4}$		$13,24.10^{-4}$		0,1087±0,0013	
			200		0,1018		$52,9.10^{-4}$		$21,55.10^{-4}$		$59,91.10^{-4}$		0,1018±0,0060	
			350		0,0954		$64,5.10^{-4}$		$26,4.10^{-4}$		$73,4.10^{-4}$		0,0954±0,0073	

Таблица 4

Расчет коэффициентов α, β, B

Температура испыт.	τ_i	σ_i	$\ln \sigma_i$	τ_i^2	τ_i^3	τ_i^4	$y_i \tau_i$	$y_i \tau_i^2$	$y_{i\,an}$	$\sigma_{i\,an}$	$\Delta\sigma_i$	$\varepsilon, \%$	α	β	B
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6
I серия 40°С	I0	600	6,397I	I00	$I.I0^3$	$I.I0^4$	0,06I0x $xI0^2$	$0,06I0.I0^4$	6,4825	653	-53	-8,8			
	50	536	6,3733	$25.I0^2$	$I25.I0^3$	$625.I0^4$	3,I867x $xI0^2$	$I,5933.I0^4$	6,3981	599	-I3	-2,2			
	I00	52I	6,2539	$I.I0^4$	$I.I0^6$	$I.I0^8$	6,254x $xI0^2$	$6,2539.I0^4$	6,3009	545	-24	-4,6			
	200	5I5	6,2442	$4.I0^4$	$8.I0^6$	$I6.I0^8$	I2,49x $xI0^2$	$24,9882x$ $xI0^4$	6,I252	457	+58	+II,2			
	300	460	6,I302	$9.I0^4$	$27.I0^6$	$8I.I0^8$	I8,39x $xI0^2$	$55,I7I8x$ $xI0^4$	5,9I69	394	+66	+I4,3			
	400	426	6,0545	$I6.I0^4$	$64.I0^6$	$256.I0^8$	24,22x $xI0^2$	$92,872.I0^4$	5,8562	335	+9I	+2I,4			
	500	23[illegible]	5,45I2	$25.I0^4$	$I25.I0^6$	$625.I0^8$	27,28x $xI0^2$	$I36,28.I0^4$	5,7629	3I7,7	-84,7	-36,3			
Σ	I560		42,9044	55,26x $xI0^4$	$225.I0^6$	$979.I0^8$	92,437x $xI0^2$	323,223x $xI0^4$		$\tau_g^{I-40} = 789_4$			-0,00217	+0,000001375	6,5042

69

I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
60°C	10	720	6,5792	100	1.10^2	1.10^4	1.10^4	$0,658.10^2$	$0,0658x10^4$	6,4171	612	+108	+15			
	50	683	6,5265	25.10^2	125.10^3	625.10^4	$3,263.10^2$	$1,632.10^4$	6,4463	629,5	+53,5	+7,8				
	100	631	6,4314	1.10^4	1.10^6	1.10^8	$6,43.10^2$	$6,42.10^4$	6,4495	631,13	+0,13	0		0,001205	-0,0000076	6,4051
	200	410	6,0162	4.10^4	8.10^6	16.10^8	$12,03.10^2$	$24,065x10^4$	6,3417	567,5	-157,5	38				
	300	379	5,9375	9.10^4	27.10^6	81.10^8	$17,812x10^2$	$53,43.10^4$	6,0510	423,7	-44,7	-11,8				
	400	329	5,7961	16.10^4	64.10^6	256.10^8	$23,184x10^2$	$92,74.10^4$	5,6685	289	+40	+12,1				
	500	183	5,2096	25.10^4	125.10^6	625.10^8	$25,048.10^2$	$130,24x10^4$	5,1036	164,4	+18,6	+10,2				
Σ	1560		42,496	$55,24x10^4$	$225,126x10^6$	979.10^8	$8,94.10^3$	$3,086.10^6$		τ_g^{1-60} =	634,19					
80°C	10	780	6,6594	1.10^2	1.10^3	1.10^4	$0,666.10^2$	$6,659.10^2$	6,6434		+12,6	+1,6				
	30	720	6,5792	9.10^2	27.10^3	81.10^4	$1,971.10^2$	$59,21.10^2$	6,5622		+14	+1,95				
	50	631	6,4473	25.10^2	125.10^3	625.10^4	$3,22.10^2$	$161,8x10^2$	6,4770		-17,6	-2,71		-0,003042	-0,000005	6,6816
	100	521	6,2557	1.10^4	1.10^6	1.10^8	$6,26.10^2$	$6,26.10^4$	6,2474		+4,6	+0,88				
	200	364	5,9244	4.10^4	8.10^6	16.10^8	$11,85.10^2$	$23,69.10^4$	5,7136		+61	+16,76				
	300	228	5,4293	9.10^4	27.10^6	81.10^8	$16,29.10^2$	$48,8637x10^4$	5,0796		+68	+29,82				

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	I2	I3	I4	I5	I6
	350	38	4,4774	I2,25x $xI0^4$	42,9.$I0^6$	I50,I5x $xI0^8$	I5,67.$I0^2$	54,85.$I0^4$	4,7244		+68	+29,82			
Σ	I040		4I,772	27,6.$I0^4$	79,053x $xI0^6$	248,22x $xI0^8$	55,93.$I0^2$	I,36.$I0^6$		τ_g^{I-80} = 432 ч					
II серия															
40°C	I0	627	6,4II	I.$I0^2$	I.$I0^3$	I.$I0^4$	0,644.$I0^2$	0,0644.$I0^4$	6,5973	732,8	-I05,8	-I4,44			
	50	595	6,3386	25.$I0^2$	I25.$I0^3$	625.$I0^4$	3,I94.$I0^2$	I,597.$I0^4$	6,4729	647,2	-52,2	-8,06			
	I00	550	6,3I00	I.$I0^4$	I.$I0^6$	I.$I0^8$	6,3I.$I0^2$	6,3I.$I0^2$	6,3I92	554,3	-4,3	-0,775	-0,003137	0,000000422	6,6287
	200	398	5,9865	4.$I0^4$	8.$I0^6$	I6.$I0^8$	II,973x $xI0^2$	23,945.$I0^4$	6,0I8I	4I0,2	-II,8	-2,8			
	300	330	5,799I	9.$I0^4$	27.$I0^6$	8I.$I0^8$	I7,397x $xI0^2$	52,19.$I0^4$	5,7254	306,5	+23,5	+7,67			
	400	265	5,5797	I6.$I0^4$	64.$I0^6$	256.$I0^8$	22,3I9x $xI0^2$	89,27.$I0^4$	5,44II	230,7	+34,3	+I4,87			
	500	I57	5,0573	25.$I0^4$	I25.$I0^6$	625.$I0^8$	25,28Ix $xI0^2$	I25,4.$I0^4$	5,I632	I75,2	-I8,3	-I0,44			
Σ	I560		4I,74I3	55,26x $xI0^4$	225.$I0^6$	979.$I0^8$	8,7.$I0^3$	2,998.$I0^6$		τ_g^{II-I0} = 920					
60°C	I0	670	6,5074	I.$I0^2$	I.$I0^3$	I.$I0^4$	0,65.$I0^2$	0,065.$I0^4$	6,4092	606	+74	+II			
	50	600	6,397I	25.$I0^2$	I25.$I0^3$	625.$I0^4$	3,I98.$I0^2$	I,599.$I0^4$	6,4358	629	-29	-4,8			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	100	585	6,3717	1.10^4	1.10^6	1.10^8	$6,372.10^2$	$6,372.10^4$	6,4458	629	-44	-7			
	200	575	6,3545	4.10^4	8.10^6	16.10^8	$12,71.10^2$	$25,42.10^4$	6,3882	594	-19	-11,3			
	300	500	6,2147	9.10^4	27.10^6	81.10^8	$18,644.10^2$	$55,93.10^4$	6,2272	506	-6	-1,2	0,0009752	-0,0000517	6,4
	400	442	6,0890	16.10^4	64.10^6	256.10^8	$24,36.10^2$	$97,424.10^4$	5,9628	388,2	+52,7	+12			
	500	252	5,5295	25.10^4	125.10^6	625.10^8	$27,65.10^2$	$138,24.10^4$	5,5951	256,4	-4,4	-1,75			
Σ	1560		43,4639	$55,26 \times 10^4$	$225,126 \times 10^6$	979.10^8	$93,58.10^2$	$3,25.10^6$		$\tau_{g_1}^{i\text{-}60} = 769$		$\tau_{g_2}^{i\text{-}60} = 580$			
80°C	10	700	6,5511	1.10^2	1.10^3	1.10^4	$0,65.10^2$	$6,55.10^2$	7,1629	1288	-588	-84			
	30	527	6,2672	9.10^2	27.10^3	81.10^4	$1,88.10^2$	$56,405.10^2$	6,9492	1040	-513	-97,3			
	50	470	6,1528	25.10^2	125.10^3	625.10^4	$3,076.10^2$	$153,82.10^2$	6,7414	847	-377	-80,2	-0,001038	-0,0000026	7,2669
	100	280	5,6349	1.10^4	1.10^6	1.10^8	$5,635.10^2$	$5,635.10^4$	6,2029	493,2	-213,2	-76			
	200	134	4,8979	4.10^4	8.10^6	16.10^8	$9,736.10^2$	$19,59.10^4$	5,0868	162	-28	-21			
	300	103	4,6347	9.10^4	27.10^6	81.10^8	$13,9.10^2$	$41,71.10^4$	3,9185	50,2	+52,8	+51,4			
	350	70	4,2628	$25,25 \times 10^4$	$42,9 \times 10^6$	$150,15 \times 10^8$	$14,9.10^2$	$52,22.10^4$	3,3150	27,2	+43,8	+61			
Σ	1040		38,40	$27,6 \times 10^4$	$79,053 \times 10^4$	$248,22 \times 10^8$	$4,985.10^3$	$121,3.10^4$		$\tau_{g_1}^{i\ 80} = 288$					

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	I2	I3	I4	I5	I6
							Изменение активного сопротивления								
I серия															
40°C	I0	2,27x xI0^{7}	I6,9380	I.I0^{2}	I.I0^{3}	I.I0^{4}	I,694.I0^{2}	0,I694.I0^{4}	I6,3659	I,28x xI0^{7}	+0,29x xI0^{7}	+43,6			
	50	3,77x xI0^{5}	I5,I426	25.I0^{2}	I25.I0^{3}	625.I0^{4}	7,57I.I0^{2}	3,78.I0^{4}	I5,I478	3,78x xI0^{6}	-0,0Ix xI0^{6}	-0,26			
	I00	I,2x x^{6}	I3,9980	I.I0^{4}	I.I0^{6}	I.I0^{8}	I3,998x xI0^{2}	I3,998.I0^{4}	I4,307I	I,63x xI0^{6}	-0,43x xI0^{6}	-35,83			
	200	I,384x xI0^{5}	II,8382	4.I0^{4}	8.I0^{6}	I6.I0^{8}	23,676x I0^{2}	47,353.I0^{4}	I2,490I	2,65x xI0^{5}	-I,26x xI0^{5}	-9I,47			
	300	I,I36x xI0^{5}	II,6388	9.I0^{4}	27.I0^{6}	8I.I0^{8}	34,9I6x xI0^{2}	I04,749.I0^{4}	II,I684	7,08x xI0^{4}	+0,426x xI0^{5}	+37,62			
	400	5,4x xI0^{4}	I0,8969	I6.I0^{4}	64.I0^{6}	256.I0^{8}	43,588x xI0^{2}	I74,35.I0^{4}	I0,342I	3,Ix xI0^{4}	+2,3x xI0^{4}	+42,59			
	500	I,5	9,6I59	25.I0^{4}	I25.I0^{6}	625.I0^{8}	48,079	240,397	I0,0IIII	2,2x xI0^{4}	-0,7x xI0^{4}	-46,67			
Σ	I560		90,07	55,26x xI0^{4}	225.I0^{4}	979.I0^{8}	I,735x xI0^{4}	5,85.I0^{6}	$\tau_{g_R}^{I-40}$ = 5I6,8						
60°C	I0	4,54x xI0^{7}	I7,6334	I.I0^{2}	I.I0^{3}	I.I0^{4}	I,763x xI0^{2}	I,763.I0^{3}	I7,8I78	5,47x xI0^{7}	-0,93x xI0^{7}	-20,5			
	50	2,92x xI0^{7}	I7,I899	25.I0^{2}	I25.I0^{3}	625.I0^{4}	8,595.I0^{2}	42,97.I0^{3}	I6,8368	2,05x xI0^{7}	+0,87x XI0^{7}	+29,8			

I6,6I94
0,00002467
-0,0256

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6
	I00	4,Ix xI0^{6}	I5,2267	I.I0^{4}	I.I0^{6}	I.I0^{8}	I5,227.I0^{2}	I5,23.I0^{4}	I5,684	6,47x xI0^{6}	-2,37x xI0^{6}	-57,8			
	200	2,IIx xI0^{6}	I4,5629	4.I0^{4}	8.I0^{6}	I6.I0^{8}	29,I25.I0^{2}	58,25.I0^{4}	I3,636I	8,32x xI0^{5}	+I2,78x xI0^{6}	+60,6	-0,02555	0,0000I657	I8,0733
	300	5,998x xI0^{4}	II,033	9.I0^{4}	27.I0^{6}	8I.I0^{3}	33,099.I0^{2}	99,3.I0^{4}	II,8996	I,47x xI0^{5}	-0,87x xI0^{5}	-I45			
	400	4,95x xI0^{4}	I0,8990	I6.I0^{4}	64.I0^{6}	256.I0^{8}	43,239.I0^{2}	I72,94.I0^{4}	I0,5043	3,65x xI0^{4}	+I,3x xI0^{4}	+26,3			
	500	I,I6x xI0^{4}	9,3589	25.I0^{4}	I25.I0^{6}	625.I0^{8}	46,795.I0^{2}	234.I0^{4}	9,4408	I,29x xI0^{4}	-0,Ix xI0^{4}	-8,62			
Σ	I560		95,8I3	55,26x xI0^{4}	225,I26x xI0^{6}	979x xI0^{8}	I,78.I0^{4}	5,86.I0^{6}	$\tau_{g_R}^{I-60}$ = 4494;	$\tau_{g_R}^{I-60}$ = I5374					
80°C	I0	4,27x xI0^{7}	I7,5698	I.I0^{2}	I.I0^{3}	I.I0^{4}	I,757.I0^{2}	0,I757.I0^{4}	I6,5980	2.I0^{7}	+2,27x xI0^{7}	+53			
	30	3,22x xI0^{6}	I4,985I	9.I0^{2}	27.I0^{3}	8I.I0^{4}	4,495.I0^{2}	I,3436.I0^{4}	I5,5042	5,86x xI0^{6}	-2,6x xI0^{6}	-82	-0,0388	0,0000992	I7,I76I
	50	5,88x xI0^{5}	I3,2847	25.I0^{2}	I25.I0^{3}	625.I0^{4}	6,62.I0^{2}	6,6423.I0^{4}	I4,4738	I,93x xI0^{5}	-I,33x xI0^{6}	-220			
	I00	I,426x xI0^{5}	II,8697	I.I0^{4}	I.I0^{6}	I.I0^{8}	II,869.I0^{2}	II,8697x xI0^{4}	I2,288I	2,2x xI0^{5}	-0,774x xI0^{5}	-54,3			

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6
	200	5,85x xI0^4	I0,9769	4.I0^4	8.I0^6	I6.I0^8	2I,954.I0^2	43,907.I0^4	II,3681	8,65x xI0^4	-2,8x xI0^4	-47,86			
	300	I,47x xI0^4	9,5539	9.I0^4	27.I0^6	8I.I0^8	28,662.I0^2	85,985.I0^4	8,4938	4,55x xI0^3	+0,685x xI0^3	+48,6			
	350	I,3Ix xI0^3	7,I779	I2,25x xI0^4	42,9x xI0^6	I50,I5x xI0^8	25,I23.I0^2	87,929.I0^4	8,7483	6,3x xI0^3	-4,99x xI0^3	-380			
Σ	I040		85,42	26,6x xI0^4	79,053x xI0^6	248,I5x xI0^8	I0,05.I0^3	2,378.I0^6		$\varphi_{g_R}^{i-40}$ = 293,37°;					
II серия															
40°C	I0	4,0Ix xI0^6	I5,2043	I.I0^2	I.I0^3	I.I0^4	I,522.I0^2	0,I520.I0^4	I4,I775	I,43x xI0^6	+2,58x xI0^6	+64,3			
	50	8,77x xI0^5	I3,6844	25.I0^2	I25.I0^3	625.I0^4	6,842.I0^2	3,42I.I0^4	I3,6946	8,8x xI0^5	-0,03x xI0^5	-0,34			
	I00	I,96x xI0^5	I2,I336	I.I0^4	I.I0^6	I.I0^8	I2,I33.I0^2	I2,I34.I0^4	I3,2047	5,42x xI0^5	-3,56x xI0^5	-I9I	-0,0098856	0,000000578	I4,I874
	200	I.I0^5	II,5I30	4.I0^4	8.I0^6	I6.I0^8	23,026.I0^2	46,052.I0^4	I2,2335	2,05x xI0^5	-I,05x xI0^5	-I05			
	300	9,98x xI0^4	II,5I09	9.I0^4	27.I0^6	8I.I0^8	34,533.I0^2	I03,598x xI0^4	II,2739	7,87x xI0^4	+2,IIx xI0^4	+2I,I			

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6
	400	$4,4.10^4$	I0,692I	$I6.10^4$	64.10^6	256.10^8	$42,768.10^2$	I7I,67x $\times10^4$	I0,3259	3,05x $\times10^4$	+I,35x $\times10^4$	+30,68			
	500	$I,3.10^4$	9,4727	25.10^4	$I25.10^6$	625.10^8	$47,363.10^2$	236,82x $\times10^4$	9,3894	I,2x $\times10^4$	+0,Ix $\times10^4$	+7,7			
Σ	I560		84,2II	55,26x $\times10^4$	225,I26x $\times10^6$	979.10^8	$I,68.10^4$	$5,832.10^6$	$\tau_{g_{R_1}}^{\bar{I}\cdot40} = 800_4$; $\tau_{g_{R_2}}^{\bar{I}\cdot60} = I6302_4$						
60^0C	I0	4,67x $\times10^7$	I7,6594	$I.10^2$	$I.10^3$	$I.10^4$	$I,766.10^2$	0,I766x $\times10^4$	I7,3894	3,459x $\times10^7$	-I,2Ix $\times10^7$	-25,93			
	50	I,67x $\times10^7$	I6,63I0	25.10^2	$I25.10^3$	625×10^4	$8,3I5.10^2$	4,I578x $\times10^4$	I6,8249	2,03x $\times10^7$	-0,36x $\times10^7$	-2I,6			
	I00	4,3Ix $\times10^6$	I5,2766	$I.10^4$	$I.10^6$	$I.10^8$	$I5,276.10^2$	I5,8053x $\times10^4$	I5,8053	7,3IIx $\times10^6$	-3,0x $\times10^6$	-69,6			
	200	I,48x $\times10^6$	I7,2077	4.10^4	8.10^6	$I6.10^8$	$28,4I5.10^2$	56,8I3x $\times10^4$	I4,I470	I,39x $\times10^6$	+0,09x $\times10^6$	+6,08			
	300	5,02x $\times10^5$	I3,I265	9.10^4	27.10^6	$8I.10^8$	$39,379.10^2$	II8,I38x $\times10^4$	I2,5964	3,95x $\times10^3$	+I,07x $\times10^5$	+2I,3			
	400	4,94x $\times10^4$	I0,8077	$I6.10^4$	64.10^6	256.10^8	$43,23.10^2$	I72,923x $\times10^4$	II,I536	6,92x $\times10^4$	-2,04x $\times10^4$	-4I,3			
	500	I,94x $\times10^4$	9,873I	25.10^4	$I25.10^6$	625.10^8	$49,365.10^2$	246,827x $\times10^4$	9,8I86	I,84x $\times10^4$	+0,Ix $\times10^4$	+5,5			

I7,5714
0,0000053389
-0,0I820

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6
Σ I560			97,592	55,26x xI0^4	225,I26x xI0^6	979.I0^8	I.857.I0^4	6,I4.I0^6	$\tau_{g_{R_1}}^{II\text{-}60}$ = 659,67$_4$, $\tau_{g_{R_2}}^{II\text{-}60}$ = -2624,8$_4$;						
80°C	I0	2,3Ix xI0^7	I6,95II	I.I0^2	I.I0^3	I.I0^4	I,695.I0^2	0,I695.I0^4	I6,0355	9,2x xI0^6	+I,39x xI0^7	+60			
	30	4,36x xI0^6	I5,2666	9.I0^2	27.I0^3	8I.I0^4	4,583.I0^2	I,3749.I0^4	I5,4345	5,05x xI0^6	-0,69x xI0^6	-I5,28			
	50	I,8x xI0^6	I4,4035	25.I0^2	I25.I0^3	625.I0^4	7,202.I0^2	3,6008.I0^4	I4,8485	2,8x xI0^6	-I.I0^6	-55,5			
	I00	2,72x xI0^5	I2,5I37	I.I0^4	I.I0^6	I.I0^8	I2,5I3x xI0^2	I2,5I37x xI0^4	I3,449	6,92x xI0^5	-4,2x xI0^5	-I54,4	-0,03087	0,00001873	I6,34I7
	200	9,3x xI0^4	II,4405	4.I0^4	8.I0^6	I6.I0^8	22,88Ix xI0^2	45,762.I0^4	I0,9309	5,58x xI0^4	+3,72x xI0^4	+39,78			
	300	7,73x xI0^3	8,9530	9.I0^4	27.I0^6	8I.I0^8	26,859x xI0^2	80,577.I0^4	8,7874	6,55x xI0^3	+I,I8x xI0^3	+I5,26			
	350	2,2Ix xI0^3	7,7068	I2,25x xI0^4	42,9x xI0^6	I50,I5x xI0^8	26,953x xI0^2	94,3348x xI0^4	7,85I6	2,58x xI0^3	-0,37x xI0^3	-I6,7			
Σ I040			87,24	26,6x xI0^4	79,05x xI0^6	248,I5x xI0^8	I0,268x	2,38.I0^6	$\tau_{g_{R_1}}^{II\text{-}80}$ = 405$_4$;		$\tau_{g_{R_2}}^{II\text{-}80}$ = I238,65$_4$				

Таблица 5

Расчет срока службы (τ_{og}) покрытия ЭП-00-10 толщиной 150±15° мкм

Показатель противокоррозионных свойств	Уравнение типа $Y = B + \alpha\tau_i + \beta\tau_i^2$			Долговечность покрытия, ч			$\ln \tau_g$			τ_g при 20°С	Срок службы покрытия (год)
	40°	60°	80°	40°	60°	80°	40°	60°	80°		
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	I2
I. Адгезионная прочность											
I серия	$Y_{i\,ан}=6,5042-0,00217\tau_i+0,000001375\tau_i^2$	$Y_{i\,ан}=6,4051+0,001203\tau_i-0,000007616\tau_i^2$	$Y_{i\,ан}=6,6816-0,003842\tau_i-0,000005\tau_i^2$	789	634,19	432	6,7508 6,6709	6,4088 6,4524	5,8861 6,0685	1156,2	16,43 13,2
II серия	$Y_{i\,ан}=6,6287-0,003137\tau_i+0,00000422\tau_i^2$	$Y_{i\,ан}=6,4+0,0009752\tau_i-0,000005117\tau_i^2$	$Y_{i\,ан}=7,2669-0,001038\tau_i-0,0000026\tau_i^2$	920	580 (769)	288	6,8224	6,3620	5,6630	1845,4	21
2. Активное сопротивление											
I серия	$Y_{i\,ан}=16,6194-0,0256+0,00002476\tau_i^2$	$Y_{i\,ан}=18,0733-0,02555\tau_i+0,00001657\tau_i^2$	$Y_{i\,ан}=17,1761-0,0558\tau_i+0,0000992\tau_i^2$	516,8	449	293,37	6,2477	6,1069	5,6918	781,65	8,9
II серия	$Y_{i\,ан}=14,1874-0,009885+0,000000578\tau_i^2$	$Y_{i\,ан}=17,5714-0,01820\tau_i+0,00005389\tau_i^2$	$Y_{i\,ан}=16,3417-0,0308\tau_i+0,00001873\tau_i^2$	800	659,67	405	6,6847	6,4908	6,0040	1300	14,8
3. Удельные коррозионные потери	$\frac{\Delta m^{min}}{S}=0,0903.10^{-4}(\tau_i-\tau_{нк})$	$\frac{\Delta m^{min}}{S}=0,1575.10^{-4}(\tau_i-\tau_{нк})$;	$\frac{\Delta m^{min}}{S}=0,175.10^{-4}(\tau_i-\tau_{нк})$	280	268	91					
I серия	$\frac{\Delta m^{max}}{S}=0,1126.10^{-4}(\tau_i-\tau_{нк})$	$\frac{\Delta m^{max}}{S}=0,1404.10^{-4}(\tau_i-\tau_{нк})$;	$\frac{\Delta m^{max}}{S}=0,2375.10^{-4}(\tau_i-\tau_{нк})$	257	270	159					
II серия	$\frac{\Delta m^{min}}{S}=0,0863.10^{-4}(\tau_i-\tau_{нк})$	$\frac{\Delta m^{min}}{S}=0,0952.10^{-4}(\tau_i-\tau_{нк})$;	$\frac{\Delta m^{min}}{S}=0,234.10^{-4}(\tau_i-\tau_{нк})$	274 (ус)	263,5 (ус)	124,3 (ус)	5,6	5,57	4,825		15,2
	$\frac{\Delta m^{max}}{S}=0,845.10^{-4}(\tau_i-\tau_{нк})$	$\frac{\Delta m^{max}}{S}=0,969.10^{-4}(\tau_i-\tau_{нк})$;	$\frac{\Delta m^{max}}{S}=0,0894.10^{-4}(\tau_i-\tau_{нк})$	263	260,6	136,95					
				ус.261	251,1	143,1	5,565	5,530	4,962	354,[illegible]	18,35

Примечание: Для (3) показателя в графах (5-10) представлены значения времени начала коррозии под покрытием ($\tau_{нк}$)

П Е Р Е Ч Е Н Ь

стандартов и ТУ, на которые даны ссылки в данном документе

ГОСТ 9.083-78	ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Методы ускоренных испытаний на долговечность в жидких агрессивных средах
ГОСТ I3819-68	ЕСЗКС. Металлы и сплавы. Десятибальная шкала коррозионной стойкости
ГОСТ I2.3.005-75	ССБТ. Работы окрасочные. Общие требования безопасности
СН 245-7I	Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий
ГОСТ 8832-76	Материалы лакокрасочные. Методы получения лакокрасочного покрытия для испытаний
ГОСТ 24785-8I	Регуляторы температуры
ГОСТ 7855-74	Машины разрывные и универсальные для статических испытаний металлов
ГОСТ III95-74	Микрометры настольного типа с ценой деления 0,0I мм. Типы. Основные параметры. Технические требования
ГОСТ 24104-80Е	Весы лабораторные общего назначения и образцовые. Общие технические условия
ГОСТ 22261-76	Средства измерений электрических величин. Общие технические условия
ГОСТ 25336-82Е	Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Типы. Основные параметры и размеры
ГОСТ 1770-74Е	Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы. Технические условия

ГОСТ 6709-72	Вода дистиллированная
ГОСТ 3210-77	Кальций сернокислый 2-водный
ГОСТ 4460-77	Кальций хлористый
ГОСТ 4209-77	Магний хлористый 6-водный
ГОСТ 4233-77	Натрий хлористый
ГОСТ 3134-78	Бензин - растворитель для лакокрасочной промышленности
ГОСТ 684-75	Стекло для фотографических пластин
ГОСТ 15140-78	Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии
ГОСТ 2284-79	Лента холоднокатанная из углеродистой конструкционной стали. Технические условия
ОСТ 39-099-79	Ингибиторы коррозии. Метод оценки эффективности защитного действия ингибитора коррозии в нефтепромысловых сточных водах
ГОСТ 4165-78	Медь сернокислая 5-водная

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
I. Общие положения	3
2. Требования безопасности	5
3. Подготовка образцов к испытаниям и оценка их качества	7
4. Оценка противокоррозионных свойств покрытий	I5
5. Оценка срока службы покрытий	23
Приложение I. План испытаний	26
Приложение 2. Форма протокола лабораторных испытаний систем покрытий для определения срока службы	27
Приложение 3. Определение необходимого числа образцов (справочное)	28
Приложение 4. Расчет массы фольги (справочное)	30
Приложение 5. Результаты статистической обработки измерений	32
Приложение 6. Расчет экспериментальных коэффициентов (справочное)	33
Приложение 7. Пример обработки экспериментальных данных по определению срока службы покрытия (справочное)	35
Перечень стандартов и ТУ	70

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

М Е Т О Д И К А

УСКОРЕННОЙ ОЦЕНКИ СРОКА СЛУЖБЫ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ КОРРОЗИИ

РД 39-30-1093-84

450055, Уфа, просп. Октября, 144/3

Подписан в печать 13.02.86г. ПО 1221
Формат 60х90 1/16. Уч.-изд.л., 3,5. Тираж 135 экз.
Заказ 54

Ротапринт ВНИИСПТнефти

gost.e-ecolog.ru